

SPRENDIMŲ ANATOMIJA

PRAKTINIŲ ĮGŪDŽIŲ LAVINIMAS

Tomas Vedlūga, Birutė Mikulskienė



SPRENDIMŲ ANATOMIJA:
PRAKTINIŲ ĮGŪDŽIŲ LAVINIMAS

TOMAS VEDLŪGA
BIRUTĖ MIKULSKIENĖ

SPRENDIMŲ ANATOMIJA:
PRAKTINIŲ ĮGŪDŽIŲ LAVINIMAS

Metodinė mokymo priemonė



Vilnius, 2016

UDK 005.22(075)
Ve-13

Rekomendavo spausdinti:

Mykolo Romerio universiteto
Politikos ir vadybos fakulteto Vadybos institutas
2015 m. rugsėjo 29 d. (posėdžio protokolas Nr. 1VI-2),

Mykolo Romerio universiteto
Politikos ir vadybos fakulteto Taryba
2015 m. lapkričio 25 d. (posėdžio protokolas Nr. 1PV-12),

Mykolo Romerio universiteto
mokslinių ir mokomųjų leidinių aprobavimo leidybai komisija
2015 m. gruodžio 7 d. (posėdžio protokolas Nr. 2L-4).

Recenzavo:

doc. TATJANA VILUTIENĖ
Vilniaus Gedimino technikos universitetas
prof. dr. KOSTAS ŽYMANČAS SVETIKAS
Mykolo Romerio universitetas

© Tomas Vedlūga, 2016
© Birutė Mikulskienė, 2016
© Mykolo Romerio universitetas, 2016
ISBN 978-9955-30-209-4 (internete) © Jūratė Juozėnienė, viršelio dailininkė, 2016
ISBN 978-9955-30-210-0 (spausdintinis) © VĮ Registrų centras, 2016

TURINYS

ĮVADAS	7
1. PROBLEMOS APIBRĖŽTIS	13
1.1. METODAS: PARETO DIAGRAMA	13
TAIKYMO PAVYZDYS.....	14
1 pavyzdys. Statybos ir remonto paslaugų įmonės paslaugų kokybės gerinimo priežasčių nustatymas	14
2. GERIAUSIAS PASIRINKIMAS	19
2.1. METODAS: TIESINIS PROGRAMAVIMAS.....	19
TAIKYMO PAVYZDŽIAI.....	22
2 pavyzdys. Tinkamiausias konditerijos gaminių gamybos planas	22
3 pavyzdys. Lietuvos pajūrio kopų tvarkymo darbų pasirinkimas.....	27
4 pavyzdys. Tinkamiausias dviejų produktų (alaus ir giros) gamybos planas	30
5 pavyzdys. Pelno diversifikavimo valdymas optimalaus pluoštinių kanapių ir kukurūzų sėjos balanso atveju	33
6 pavyzdys. Grožio paslaugas teikiančios įmonės individualių darbo apimčių planavimas.....	36
7 pavyzdys. Optimalus logistikos įmonės krovimo darbų planavimas	38
2.2. METODAS: TIESINIS PROGRAMAVIMAS	
TRANSPORTO MARŠRUTŲ SUDARYMO UŽDAVINIAMS SPREŠTI	41
TAIKYMO PAVYZDŽIAI.....	42
8 pavyzdys. Tinkamiausias vienkartinis prekių ikimokyklinio ugdymo įstaigai gabenimo planas	42
9 pavyzdys. Pigiausias logistikos įmonės periodinių prekių pristatymo klientams planas	54
3. GALIMŲ SPRENDIMŲ PRIORITETŲ EILĖS SUDARYMAS.....	68
3.1. METODAS: DAUGIAKRITERĖ ANALIZĖ PRIORITETAMS NUSTATYTI	68
TAIKYMO PAVYZDŽIAI.....	73
10 pavyzdys. Klientų aptarnavimo būdų palyginimas: elektros skirstomųjų tinklų operatoriaus atvejis	73
11 pavyzdys. Ekspertinis investavimo projekto rezultatų vertinimas: regioninės savivaldybės ligoninės pastato renovavimas	82

3.2.	METODAS: HIERARCHINĖS ANALIZĖS TAIKYMAS.....	86
	TAIKYMO PAVYZDYS.....	87
	12 pavyzdys. Investavimo būdo pasirinkimas: regioninės maitinimo įmonės pavyzdys	87
3.3.	METODAS: SPRENDIMO PRIĖMIMO ANALIZĖ PAGAL KEPNERIO IR TREGOE METODĄ.....	93
	TAIKYMO PAVYZDŽIAI.....	94
	13 pavyzdys. Ligoninės naujagimių laboratorinių tyrimų įrangos atnaujinimas	94
	14 pavyzdys. Poliklinikos pacientų registracijos sistemos pirkimas viešojo konkurso būdu.....	98
4.	KONFLIKTINIŲ SITUACIJŲ SPRENDIMO BŪDAI	103
4.1.	METODAS: LOŠIMŲ TEORIJA KAIP METODAS.....	103
	TAIKYMO PAVYZDŽIAI.....	104
	15 pavyzdys. Intelektinės nuosavybės pažeidimas.....	104
	16 pavyzdys. Lošimų teorijos taikymas prezidento rinkimams Prancūzijoje	109
5.	ALTERNATYVIŲ SPRENDIMŲ PASIRINKIMAS VEIKIANT PAMATUOJAMO ATSITIKTINUMO FAKTORIUI.....	116
5.1.	METODAS: SPRENDIMŲ MEDŽIAI	116
	TAIKYMO PAVYZDŽIAI.....	117
	17 pavyzdys. Projekto pasirinkimas	117
	18 pavyzdys. Žmoniškųjų išteklių perskirstymo strategijos.....	120
	PROGRAMINĖS SPRENDIMŲ PRIĖMIMO PARAMOS SISTEMOS.....	127
	LITERATŪRA.....	130
	PRIEDAI.....	132
	LENTELIŲ RODYKLĖ	132
	PAVEIKSLŲ RODYKLĖ	134

ĮVADAS

Sprendinio anatomija

Įvairius sprendimus priimame ir jų padarinių patiriame kasdien – tiek asmeniniame gyvenime, tiek darbe. Kai kuriems sprendimams priimti pakanka kasdienių žinių ir asmeninės patirties. Jų padariniai dažniausiai nėra ilgalaikiai ar ypač reikšmingi, todėl galime leisti sau suklysti ir nepatirdami didelių nuostolių, ką nors nuspręsti tiesiog spėliodami. Deja, kai kurie sprendimai gali būti labai reikšmingi, o jų padariniai gali brangiai kainuoti ir paveikti ne tik mus asmeniškai, bet ir gerokai daugiau žmonių ar net organizacijų. Tokios situacijos dažnai būna baigtinės, nesikartojančios, o jų padarinių nebegalima pakeisti, todėl kartais priimant sprendimus tenka naudotis jau sukurtais ir praktikos patikrintais standartiniais būdais. Tad sprendinių anatomijos išmanymas ne tik apsaugo nuo nenumatytų padarinių, bet ir sudaro galimybę elgtis racionaliai ir gauti didžiausią įmanomą naudą. Tiesa, toks efektas galimas tik tam tikromis aplinkybėmis, kurios apibrėžiamos vienareikšmiškai: kol sprendžiame problemą, informacija ir duomenys nesikeičia. Tada geriausias sprendinys – vienintelis teisingas ir racionalus pasirinkimas. Kitais atvejais, kai sprendimui priimti reikalinga informacija stochastiškai kinta, sprendinys taip pat gali būti geriausias, tačiau lieka tik tam tikra tikimybė, kad jis bus priimtas. Itin sudėtingomis aplinkybėmis, kai duomenų neturime, jų negalime surinkti arba jie nuolat keičiasi ir nebūtinai kartojasi, geriausio sprendinio rasti negalima, nes jo nėra. Tada sprendėjas ar jų komanda gali ieškoti ne geriausio, bet priimtino varianto. Kyla naujų iššūkių, reikia apsispręsti, kas yra priimtinas sprendinys, koks priimtino lygis tenkina, kas tas subjektas, į kurį atsižvelgiant vertinamas priimtino lygis.

Taigi šioje knygoje nagrinėsime tokias ir panašias problemas bei jų sprendimo būdus, daugiausia dėmesio skirsime praktiniams įgūdžiams lavinti.

Sprendimų priėmimas – tai racionalus būsimų sprendinių pasirinkimas įvertinus galimas alternatyvas, jų vertinimas atsižvelgiant į įvairius atskaitos taškus, pvz., nuostolius, pelną, didžiausią naudą, intuityvų ekspertų vertinimą ir pan.

Sprendinių anatomija tampa svarbi siekiant, kad sprendimai būtų priimami sklandžiai, nuosekliai, metodologiškai racionaliai, pagrįstai ir skaidriai. Be to, jie turi atitikti lygiateisiškumo principus, būti suprantami juos priimant nedalyvavusiems asmenims.

Sprendinių anatomiją apibrėžia svarbiausi sprendimo priėmimo elementai, kurie privalo būti pritaikyti tinkamiausiu momentu, parinkus tinkamiausius metodus problemai spręsti ir įtraukus reikalingus dalyvius. Anatomija geriausiai suprantama ir atskleidžiama būtent nagrinėjant sprendimų priėmimo procesą. Todėl kiekviena problema nagrinėjama sprendinio anatomijos požiūriu atkreipiant dėmesį į organizacijai ar verslo sektoriui kilusios problemos turinį, sprendiniui keliamą tikslą, svarbiausius dalyvius, reikalingus problemos sprendiniui rasti, būtinus pradinius duomenis, metodo taikymo būdus, sprendinio interpretaciją ir išvadas.

Pagrindine problemos sprendimo ašimi laikomas metodas, padedantis ją išspręsti, kartu ir vaizdžiai atskleidžiantis jos priežastis.

Metodinės mokymo priemonės struktūra

Knygą sudaro penki skyriai, skirti atskiram metodui pristatyti ir jo taikymo galimybėms parodyti. Kiekviename skyriuje kalbant apie praktinį metodo taikymą pateikiama pavyzdžių, išsamiai aprašomos jų taikymo aplinkybės ir galimi sprendiniai. Knygoje išdėstyti tik atrinkti sprendimo metodai, kuriais galima išspręsti daugiausia bet kurios organizacijos problemų. Visi pateikti pavyzdžiai autentiški, o jiems aprašyti naudojamos tikros, viešai prieinamos arba įmonėms leidus gautais duomenimis. Tiesa, įmonių pavadinimai, darbuotojų vardai ir pavardės pakeisti asmens duomenų apsaugos sumetimais.

Pirmas skyrius, kuriame aiškinamas Pareto diagramų metodas, skirtas problemos riboms nustatyti. Antrame skyriuje ieškoma geriausio

sprendinio. Dažniausiai analizuojamos vieną geriausią sprendinį turinčios problemos. Šioms problemoms spręsti rekomenduojama taikyti tiesinio programavimo metodą, tinkantį ir logistikos sektoriaus problemoms spręsti. Trečiame skyriuje aptariami prioritetų eilės sudarymo metodai, kaip antai daugiakriterė analizė (atskiras jos atvejis – Kepnerio ir Tregoe metodas) ir hierarchinė analizė. Ketvirtame skyriuje kalbama apie lošimų teoriją, penktame – apie sprendimų medžius.

Taigi šioje knygoje aprašyti penki sprendimų metodai ir pateikta 18 problemų sprendimo pavyzdžių.

Metodinės mokymo priemonės paskirtis

Knyga skirta praktiniams sprendimo priėmimo įgūdžiams lavinti, visų pirma išnagrinėjus ir perpratus atitinkamą teoriją. Todėl joje tik trumpai išdėstoma atrinktų sprendimų priėmimo metodų esmė, gilinantis į matematinį metodo turinį ir procedūras, o daugiausia dėmesio skiriama sprendinių anatomijos atskleidimui sprendžiant konkrečias tiek versle, tiek viešojo valdymo organizacijose kylančias problemas.

Tikslinė auditorija

Kaip ir visos kitos metodinės mokymo priemonės, ši knyga skirta studentams, kurie intensyviai studijuoja vadybą, sprendimų priėmimo arba operacijų tyrimo ir valdymo akademinius dalykus. Jiems svarbu, kad metodinė informacija būtų konkreti, išsami ir glausta. Knygoje pateikiami tinkamiausi valdymo pobūdį atskleidžiantys metodų taikymo pavyzdžiai, būdingiausios organizacijų problemos ir dažniausiai pasitaikantys jų sprendimo būdai. Šie iš Lietuvoje veikiančių organizacijų praktikos atrinkti sprendimų priėmimo pavyzdžiai atspindi šiuolaikinės vadybos pokyčius.

Knyga gali tapti verslo ir viešojo valdymo praktikų vadovu, padedančiu racionalizuoti savo pasirinkimus taikant gana paprastus ir skaidrius sprendimų priėmimo metodus, taip pat ir mokantis atlikti įvairaus pobūdžio kūrybines užduotis. Pavyzdžiui, išnagrinėjus įmonės veiklą, nustačius problemą galima rasti jai išspręsti būtinus duomenis,

atrinkti pagal problemos sudėtingumą tinkamą sprendimo metodą, nustatyti svarbiausius problemos sprendimu suinteresuotus asmenis.

Ši knyga turėtų būti laikoma skaitiniu, papildančiu kitas knygas ir vadovėlius, kuriuos išleido Mykolo Romerio universiteto profesoriai S. Puškorius („Sprendimų priėmimo teorija. Operacijų tyrimų metodai“, 2009 m.) ir B. Mikulskienė („Sprendimų priėmimo metodai viešajam valdymui“, 2011 m.).

Rekomenduojama praktinių rezultatų vertinimo sistema

Vadovaujantis naujausiomis švietimo mokslo rekomendacijomis, visapusiškas studentų vertinimas išskaidomas: atskirai vertinamos teorinės žinios ir išlavinti praktiniai įgūdžiai. Praktiniams įgūdžiams vertinti rekomenduojama skirti iki 50 proc. viso bendro įvertinimo. Taigi bendras dalyko įvertinimas galėtų būti skaidomas taip: egzaminas – 50 proc., praktiniai įgūdžiai – 50 proc., kai praktiniai įgūdžiai vertinami atlikus kūrybinę užduotį (atvejo analizė pagal analizės šabloną) – 30 proc. ir įvertinus mokymosi rezultatų aplanką – 20 proc. Mokymosi aplanką gali sudaryti kontroliniai darbai, pavyzdžiui, uždavinių sprendimas, studijuojamos mokslinės literatūros analizė: loginė straipsnio schema, sprendimų modelių nagrinėjimas aptariant visuomenėje plačiai žinomus atvejus, sprendimo priėmimo alternatyvų ir kriterijų ryšius atskleidžiantys pavyzdžiai.

Pasirinkus šią metodologiją, vertinant kūrybinę užduotį rekomenduojama atsižvelgti į kūrybiškumą, t. y. kaip studentas, išnagrinėjęs pasirinktos organizacijos praktiką, sugebėjo nustatyti, suvokti ir ne banaliais ar šabloniniais būdais interpretuoti problemą. Svarbu išsiaiškinti, ar pasirinkta spręsti problema praktiškai reikšminga ne tik šiai organizacijai, bet ir platesniu kontekstu, ar ją sprendžiant buvo atsižvelgiama į organizacijos veiklos pobūdį.

Šis kriterijus parodo, kaip studentas naudojasi nurodyta metodine literatūra, ar stengiasi kūrybiškai taikyti nagrinėtus pavydžius, o gal tik pakeičia parametrų vertes ar įmonių pavadinimus? Be to, būtina

atsižvelgti ir į pirminių duomenų tikslumą, t. y. ar studentas naudoja statistikos duomenimis (bent 50 proc. duomenų turi būti patikimi ir surinkti teisėtais, etiškais būdais), kokia metodologija vadovaujasi rinkdamas trūkstamus duomenis. Tai svarbu siekiant išugdyti gebėjimą atpažinti reikiamus duomenis, jais etiškai manipuluoti ir rasti patikimus sprendimus. Be to, skatinamas kūrybiškas studento gebėjimas ieškoti duomenų, juos pakeisti taikant galiojančias metodologijas, rinkti duomenis atliekant eksperimentus.

Taip pat būtina atsižvelgti ir į sprendimo priėmimo proceso išsamumą, t. y. išsiaiškinti, ar sprendimo procesas metodiškas, ar problemai spręsti taikomas tinkamas metodas, ar jis metodikos požiūriu taikomas tiksliai, ar sudarytas dalyvių arba problemos sprendimu suinteresuotųjų asmenų sąrašas, ar jie tinkamai įtraukti į sprendimo procesą. Taigi čia vardijami kriterijai atskleidžia, kaip studentas sugeba planuoti sprendimo priėmimo procesą ir tinkamai bei laiku atlikti privalomus veiksmus, įtraukdamas svarbius elementus, kaip antai suinteresuotieji asmenys ar duomenų rinkimo metodai.

Būtina atsižvelgti ir į tyrimo apipavidalinimą, t. y. ar aprašas papildomas literatūros sąrašu, ar tekstas išsamus, ar pateikta aiškinamųjų piešinių ar grafikų, ar tinkama darbo apimtis. Šis kriterijus parodo studento motyvaciją ir kruopštumą atliekant rašto darbą.

Autorių indėlis

Metodinės mokymo priemonės autoriai rengė knygą dalydamiesi savo sukauptomis kompetencijomis. Prof. dr. B. Mikulskienė remdamasi ilgamete sprendimų priėmimo teorijos ir modeliavimo dalyko dėstymo patirtimi atrinko ir surūšiojo metodus. Taikydami tam tikrus metodus autoriai parinko vaizdingiausias problemas, padedančias atskleisti metodo taikymo galimybes. B. Mikulskienė parengė atrinktų problemų pateikimo koncepcinę struktūrą, problemų formuluotes ir tikslus, išryškino sprendinių anatomiją. T. Vedlūga parengė uždavinių sprendimus ir išsamius jų aprašymus, apibūdino priimančią sprendimus

svarbius veikėjus ir jų įsitraukimą, formulavo išvadas ir interpretavo uždavinių rezultatus.

Atrinkti pavyzdžius* ir išbandyti idėjas padėjo Mykolo Romerio universiteto magistrantai: Sandra Kaleininkaitė, Valentina Simanovičienė, Eglė Povilonytė, Greta Gaigalaitė, Jūratė Žydelienė, Laura Aglinskaitė, Odeta Želvytė, Vitalijus Vyšniauskas, Alma Grigonytė, Eglė Zagorskienė, Viktorija Butaitė, Algirdas Staševskis, Vytautas Pilionis, Edvinas Mikulskij, Mika Juodelytė, Evelina Skabeikienė, Sandra Baliuckaitė, Jolita Karpovič. Visiems jiems esame labai dėkingi.

* Pastaba: kai kurie knygoje pateikiami uždavinių pavyzdžiai pritaikyti konkrečiai Lietuvos aplinkai.

1. PROBLEMOS APIBRĖŽTIS

1.1. METODAS: PARETO DIAGRAMA

Pareto diagrama naudojama 80 ir 20 dėsniui vizualizuoti, kartais dar vadinama ABC kreive. Italų ekonomistas V. Paretas (1848–1923 m.) nustatė dėsningumą, pavadintą 80 ir 20 dėsniu, kuris teigia, kad daugeliu atvejų 80 procentų problemų (neatitikčių, klaidų, defektų, trūkumų) yra nulemtos apytikriai 20-ties procentų priežasčių. Todėl būtent į tuos 20 procentų svarbiausių priežasčių turi būti sutelkta daugiausia vadybininkų dėmesio, siekiant problemą išspręsti iš esmės. 80 ir 20 dėsniu problemos dažnai nustatomos kaip nereikšminga dauguma ir esminė mažuma¹.

Gaminių kokybę lemiančių priežasčių labai daug. Vis dėlto nagrinėjant defektus ir jų priežastis matyti, kad vienos priežastys dažnesnės ir reikalauja siekti geresnės kokybės, kitos – retesnės. Siekiant pagerinti gaminių kokybę, pirmiausia būtina šalinti dažniausiai pasitaikančias priežastis, tik reikia mokėti jas atskirti. Šiuos uždavinius padeda spręsti Pareto diagrama, naudojama defektų struktūrai analizuoti. Ji padeda atskleisti svarbiausias didžiausią poveikį darančias problemas ir įvertina jas pagal gaunamą naudą. 1940 m. J. M. Juranas ją pritaikė kokybės valdymui ir pasiūlė kokybės priežastis klasifikuoti į dvi grupes: į svarbias, bet negausias, ir svarbias, bet gausias.

Iš tikrųjų gaminių kokybę nulemiančių aplinkybių nėra labai daug. Tai leido suformuluoti vadinamąjį Pareto principą. Kokybę galima pagerinti šalinant tik pagrindines priežastis, svarbiausias priežastis atskiriant nuo mažiausiai svarbių. Didžiausias kokybės gerinimo efektas pasiekiamas mažiausiomis pastangomis. Pareto diagrama, pagal pasikartojimo dažnumą problemas suskirstanti į kategorijas, yra pagrindinis informacijos šaltinis gerinant kokybę. Dažniausios problemų

¹ RUŽEVIČIUS, J. Kokybės vadybos metodai ir modeliai. Vilnius: Vilniaus universitetas, 2006.

priežastys: nevykusi konstrukcija, bloga gaminio technologija, prasta medžiaga, nepakankamai aukšta darbuotojų kvalifikacija ir t. t.

Pareto diagrama – tai stulpelių grupė, vaizduojanti, kaip buvo išnagrinėtos problemos priežastys, pateikiamos mažėjančia tvarka. Priežastis, turinti didžiausią poveikį, žymima aukščiausiu stulpeliu. Ji nusako, kiek kiekviena kita priežastis susijusi su bendruoju poveikiu. Pareto analizė padeda nustatyti pavojingiausią kokybę bloginantį defektą. Diagramos rengimo procedūrą sudaro trys etapai: parengiamasis, duomenų rinkimo ir apdorojimo, duomenų analizės².

Parengiamasis etapas. Pasirenkamas duomenų rinkimo laikotarpis ir metodas. Nustatoma, kokias problemas reikia nagrinėti. Pagal nuostolių rūšis ir defektų atsiradimo vietą pasirenkamas duomenų rinkimo ir klasifikavimo būdas, atliekama apklausa.

Duomenų rinkimo ir apdorojimo etapas. Įvertinami atlikto tyrimo rezultatai. Defektai išdėstomi iš eilės pagal kiekius, apskaičiuojamas procentais išreikštas sukauptas kiekis. Braižoma stulpelio formos diagrama, tada – kaupiamojo efekto kreivė, skaitmeninės objekto reikšmės sudedamos iš kairės į dešinę.

Duomenų analizė. Pareto diagrama nurodo pagrindines defektų rūšis.

TAIKYMO PAVYZDYS

1 pavyzdys. Statybos ir remonto paslaugų įmonės paslaugų kokybės gerinimo priežasčių nustatymas

Įmonė įkurta 2007 metais Marijampolėje. 2014 metais perkelta į Vilnių, pakeitė veiklos sritį: pagrindine veikla tapo statybos ir remonto darbai. Įmonė pradėjo teikti įvairias statybos ir remonto paslaugas, jos

² ADOMĖNAS, A. Statistiniai kokybės valdymo metodai. Kaunas: Technologija, 2000.

specializacija tapo pastatų vidaus ir išorės apdailos, stogų dengimo darbai. Be to, įmonė atlieka projektavimo ir dizaino kūrimo darbus, gamina ir montuoja metalines konstrukcijas, metalines ir medines tvoras, turėklus, laiptus ir kitus smulkius gaminius. Pagrindinė įmonės veiklos kryptis – karkasinių namų statyba.

SPRENDIMO DALYVIAI. Įmonėje dirba 80 darbuotojų. Daugiausia (apie 70 proc.) dirba statybininkai ir pagalbinis personalas, kurie kasdien susiduria su darbų kokybės klausimu ir patys patiria nesėkmių atlikdami vienus ar kitus darbus. Komandoms vadovauja penki darbų vadovai. Jie reaguoja į klientų priekaištus dėl nekokybiškų paslaugų, perduodami darbus vertintojams fiksuoja pasikartojančių darbų kokybės spragas. Be to, įmonėje dirba vadybininkas, kuris sprendžia įmonės vadybos klausimus. Klientų atsiliepimai apie produktą ir paslaugų kokybę rodo įmonės veiklos efektyvumą. Dauguma klientų yra jaunos šeimos, imančios paskolas ir statančios mūrinius namus. Taigi sprendimo dalyviais reikėtų laikyti įmonės vadovą, bent vieną darbų vykdytoją, kelis darbuotojus ir galbūt netiesiogiai klientus (juos reikėtų apklausti).

PROBLEMOS ESME. Produkto ir paslaugos kokybė dažnai yra daugialypis uždavinys. Produkto kokybę nulemia sudėtingi ir ilgai trunkantys procesai, kurių metu sudėtinga nuspręsti, kuri iš priežasčių svarbiausia.

Pastaruoju metu įmonės vadybininkas pastebėjo, kad padaugėjo nusiskundimų įmonės darbų kokybe statant mūrinius namų karkasus. Vadybininkas nusprendė surasti pagrindinę nusiskundimų priežastį, apklausti darbuotojus, jų vadovus ir klientus.

SPRENDIMO TIKSLAS. Bendrovės tikslai: siekti pelno, tenkinti gyventojų, įmonių, įstaigų, organizacijų (neatsižvelgiant į jų rūšį ir nuosavybės formą) poreikius, vykdyti veiklą, teikti paslaugas ir atlikti įstatuose nustatytų veiklos rūšių darbus. Rasti ir užimti savo vietą rinkoje.

PRADINIAI DUOMENYS. Patikrinus įmonės atliekamų darbų registravimo kontrolinius lapus, surenkama informacija apie vyraujančius trūkumus ir jų kartojimosi dažnį. Informacija pateikta 1 lentelėje.

1 lentelė. Kontrolinis nusiskundimų dėl atliekamų darbų registravimo lapelis

Eil. Nr.	Trūkumų rūšys	Trūkumų kiekis
1.	Tiekėjai nevykdo įsipareigojimų	2
2.	Nekokybiškos medžiagos	8
3.	Nekokybiškai atliktas darbas	23
4.	Vagystės	10
5.	Oro sąlygų nulemti apgadinimai	5
6.	Darbų neorganizavimas	6
7.	Nenumatyti atvejai (informacijos stoka, skirtingi lūkesčiai ir pan.)	13

Surinkti duomenys analizuojami pagal Pareto diagramų sudarymo instrukcijas: išdėstomi pagal svarbą, skaičiuojama trūkumų kiekio procentinė išraiška, sukauptas procentas ir atliekami skaičiavimai.

DUOMENŲ APŽVALGA. Įsipareigojimų nevykdančys tiekėjai, nekokybiška produkcija, nekokybiškai atliktas darbas, vagystės ir oro sąlygos yra dažniausi trūkumai, užfiksuoti atliekamų darbų registravimo kontroliniuose lapuose. Be to, fiksuojami ir nenumatyti atvejai, tokie kaip skirtingi lūkesčiai, informacijos stoka ir pan. Jie grupuojami į vieną grupę. Žinant dažniausius trūkumus, kaip dažnai jie kartojasi, galima greičiau išsiaiškinti ir šalinti jų priežastis. Kiekybinis tyrimas atskleidė, kad dažniausiai skundžiamasi dėl nekokybiškai atlikto darbo (23 atvejai), nenumatytų atvejų (13 atvejų) ir vagysčių (10 atvejų). Mažiausiai skundžiamasi dėl įsipareigojimų nevykdančių tiekėjų (2 atvejai).

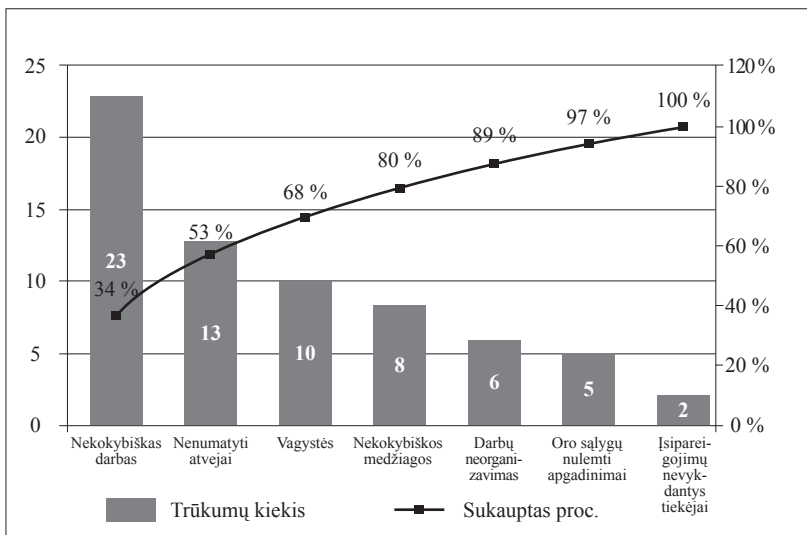
Svarbiausia analizuoti pagal užfiksuotų priežasčių diagramą. Todėl norint efektyviai pagerinti savo įmonės veiklos rezultatus reikia sudaryti Pareto lentelę ir diagramą. Lentelėje fiksuojami ne tik trūkumai, bet ir jų skaitinė išraiška. Be to, skaičiuojama procentinė trūkumų išraiška.

Atsiradusius sunkumus ir nukrypimus parodo tam tikri požymiai: oro sąlygos, nenumatyti atvejai ir t. t. Priartėjimas prie problemos sprendimo priklauso nuo aplinkybių: ar problema dažna, ar pasikartojanti, ar vienkartinė. Išsprendus nekokybiško darbo klausimą (žr. 1 pav.), būtų pašalinta 34 proc. trūkumų. Jeigu tiekėjai vykdytų įsipareigojimus, būtų išspręsta tik 3 proc. problemų, o oro sąlygos sudaro 8 proc. visų

nusiskundimų. Jeigu būtų pašalintos dviejų problemų – nekokybiško darbo ir nenumatytų atvejų – priežastys, tai statybos ir remonto paslaugų įmonei pavyktų pašalinti daugiau nei pusę (53 proc.) visų trūkumų.

2 lentelė. Pareto diagramos sudarymo lentelė

Eil. Nr.	Trūkumų rūšys	Trūkumų skaičius	Sukauptas trūkumų skaičius	Trūkumų kiekis proc.	Sukauptas procentas
1.	Nekokybiškos medžiagos	23	23	34	34
2.	Nenumatyti atvejai	13	36	19	53
3.	Vagystės	10	46	15	68
4.	Nekokybiška produkcija	8	54	12	80
5.	Darbų neorganizavimas	6	60	9	89
6.	Oro sąlygų nulemti apgaditimai	5	65	8	97
7.	Įsipareigojimų nevykdantys tiekėjai	2	67	3	100



1 pav. Pareto diagrama. Atliekamų darbų sukauptų trūkumų skaičius ir procentinė išraiška

IŠVADOS IR INTERPRETACIJA. Verslo procesų vadyboje Pareto principas turėtų būti taikomas kiek įmanoma plačiau: jis leidžia mažomis sąnaudomis greitai pagerinti kokybę, sumažinti savikainą ir optimizuoti procesus. Tai pasiekama atliekant statistinę priežasčių ir pasekmių analizę, pvz., už ką gaunami blogiausi balai, kuo klientai labiausiai patenkinti, kodėl kreipiasi, kodėl delsiama gabenti prekes, kokios gedimų priežastys ir pan. Dauguma pastangų neduoda laukiamų rezultatų, nes svarbių veiksmų nedaug, o menkaverčių – daugybė. Todėl tik pavieniai veiksniai padeda gauti svarbius rezultatus.

Pareto dėsnis vaizduoja disbalansą, pasireiškiantį bet kokiomis aplinkybėmis. Susitelkę į svarbiausius dalykus esmines problemas galite išspręsti mažiausiomis pastangomis. Žinoma, tai vis tiek pareikalauja sunkaus darbo ir atkaklaus mąstymo, tačiau savo tikslus pasieksite daug efektyviau. Svarbiausia nustatyti 20 proc. svarbiausių darbų, kurie nulems 80 proc. rezultatų. Tačiau taikymas reiškia, kad daugiau dėmesio turėsite skirti 20 proc. darbų ir daug mažiau – 80 proc. darbų, o tai ne mažiau sunku. Visi intuityviai žinome šį dėsnį ir stengiamės susitelkti į svarbiausius darbus, tačiau pabandykite pritaikyti šį principą visose srityse. Tai veikia! Yra daugybė veiklos sričių, kurias tiesiog praleidžiame ir iš inercijos puolame dirbti. Apsižvalgykite, pamąstykite ir tik tada veikite. Dėsnį galima pritaikyti ir dirbant su kolegomis, t. y. stenkitės kuo daugiau bendradarbiauti su atsakomybe išsiskiriančiais kolegomis, ir tai sutaupys Jums labai daug laiko. Jūsų rezultatai iš dalies priklauso nuo Jūsų kolegų rezultatų. Galų gale pritaikykite dėsnį savo darbotvarkei. Galbūt kurią nors darbo dieną dirbate produktyviausiai? Galbūt tam tikrą valandą? Dvi labai produktyvaus darbo valandos prilygsta dešimčiai neproduktyvių, tad išsiaiškinkite savo geriausią laiką ir skirkite jį svarbiausioms užduotims atlikti.

2. GERIAUSIAS PASIRINKIMAS

2.1. METODAS: TIESINIS PROGRAMAVIMAS

Tradiciškai optimizavimo uždavinių esant ribojimams sprendimo teorija ir metodai vadinami matematiniu programavimu. Yra keletas matematinio programavimo metodų: tiesinis, netiesinis, diskretinis, dinaminis ir stochastinis. Taikymo pavyzdžiuose analizuojami tiesinio ir dinaminio programavimo metodai. Tiesinis programavimas – labiausiai paplitęs modeliavimo būdas, plačiai taikomas gamybos procesuose sudarant gamybos grafikus, parenkant gaminių asortimentą ir skirstant produkciją, reguliuojant reikalingas atsargas ir pan.³ Tai nuo sąlygų (determinavimas) ir normų priklausantis metodas, padedantis atsakyti, kaip elgtis esant aiškiai apibrėžtomis sąlygoms, ir galintis pasiūlyti vieną geriausią sprendinį. Jis gali būti taikomas, jeigu galima nustatyti kriterijus, kurie priklauso nuo sprendimo elementų $[x_1, x_2, \dots, x_n]$, o jų tarpusavio priklausomybė yra tiesinė. Ribinės sąlygos yra lygybės arba nelygybės, kurios kintamuosius $[x_1, x_2, \dots, x_n]$ irgi susieja tiesinėmis priklausomybėmis, o visi kintamieji yra ne neigiami⁴. Tiesinis programavimas susijęs su praktinėmis reikmėmis, o sprendimus rasti nėra labai sudėtinga. Tam tikslui yra sukurtas algoritmas, kurio visi veiksmai ir skaičiavimai greitai ir tiksliai atliekami kompiuteriu⁵. Diskretusis programavimas skiriasi nuo tiesinio programavimo uždavinių tik tuo, kad kai kurie kintamieji gali būti tik sveikieji skaičiai. Šis metodas nėra tinkamas kompleksinėms problemoms spręsti. Gali pasirodyti, kad diskrečiojo optimizavimo uždaviniai yra paprastesni negu tiesinio, nes tiesinio optimizavimo kintamieji turi be galo daug reikšmių, o diskrečiojo

³ ŽILINSKAS, A. Matematinis programavimas. Kaunas: VDU leidykla, 2000.

⁴ PUŠKORIUS, S. Sprendimų priėmimo teorija. Operacijų tyrimų metodai. Vilnius: Mykolo Romerio universitetas, 2009.

⁵ FOURER, R. Linear Programming: Software Survey. ORMS-Today, 2015, vol. 42 (3).

optimizavimo uždaviniai susiję su kur kas mažesniu alternatyvų skaičiumi, tačiau tai klaidingas įspūdis.

Optimizavimo modelių tikslas yra nustatyti maksimalią ar minimalią efektyvumo kriterijaus reikšmę. Kiekvienas analizuojamas modelis turi savo ribojimų. Daugiausia ribojimų pasireiškia, kai informacija yra neišsami ar netiksli. Tada netiksliai nustatomos lygtys ir jų kintamieji. Vis dėlto dažniausiai informacijos pakanka ir galima optimizuoti įmonės veiklą: ją prognozuoti, tinkamiausiai paskirstyti turimus išteklius ir atsargų rezervus. Siekdami pagrindinio veiklos tikslo, t. y. padidinti pelną ir sumažinti išlaidas, įmonių vadovai turi nuolat stebėti procesus ir taip patitikrinti jų tinkamumą, kad galėtų tinkamai paskirstyti turimus išteklius ir pasiektų didžiausią ekonominį efektą.

Tiesinio programavimo uždaviniai aprašomi matematinėmis lygtimis (nelygybėmis), t. y. sąlygomis⁶:

$$\begin{aligned} g_i(x) &= 1; i = 1, 2, \dots, m && 1 \text{ formulė} \\ \text{arba} \\ g_i(x) &\leq 1; i = m + 1, \dots, n, \end{aligned}$$

čia $g_i(x)$ – funkcija, kuria aprašomas darbo laikas, žaliavų sąnaudos, pagamintos produkcijos kiekis ir panašiai;

x – nežinomųjų vektorius;

i – laisvieji ribojimų nariai, pavyzdžiui, žaliavų kiekiai.

Sąlygas⁷ (žr. 1 formulę) atitinkantis skaičių x_1, x_2, \dots, x_n rinkinys vadinamas leistinu sprendiniu, o vektorius $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ – leistinu vektoriumi. Leistinas sprendinys, kuriam esant tinkamumo kriterijus $f(x)$ įgyja didžiausią arba mažiausią reikšmę, laikomas tinkamiausiu sprendiniu (planu).

⁶ ОРЛОВА, И. В.; ОРЛОВ, П. В. Экономико-математические методы и прикладные модели. Краткий конспект лекций. Кафедра экономико-математических методов и моделей. Москва, 2001.

⁷ BAGDONAS, V. Verslo rizika. Vilnius: Saulės vėjas, 1996.

Optimizuojant sprendimą (gamybos planą) gali būti taikomi tiesiniai matematiniai programavimo modeliai⁸. Tiesiniai programavimo uždaviniai aprašomi matematiniais modeliais, kuriuose tikslo funkcija $f(x)$ išreiškia pasirinktą tinkamiausią kriterijų.

Tiesinio programavimo uždavinys yra rasti:

- maksimalų sprendinį:

$$\max f(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j, \quad 2 \text{ formulė}$$

$$\text{kai } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m,$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i = m_1 + 1, \dots, m,$$

$$x_i \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n; \quad n_i \leq n,$$

- arba minimalų sprendinį:

$$\min f(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j, \quad 3 \text{ formulė}$$

$$\text{kai } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m,$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i, \quad i = m_1 + 1, \dots, m,$$

$$x_i \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n; \quad n_i \leq n.$$

čia c_j – parametro x_j vieneto vertę nusakantis koeficientas.

Dinaminis programavimas taikomas, kai ūkinę veiklą taigi ir sprendimo procesą, galima skaidyti į keletą etapų. Dinaminio programavimo modeliai gerai tinka įvairių organizacijos veiklos sričių procesams imituoti⁹. Dinaminis programavimas leidžia rasti tinkamiausią n kintamųjų problemos sprendimą ir išskaido jį į n stadijų, kurių kiekviena turi po vieną kintamąjį. Taip galima vienu metu spręsti

⁸ KALANTA, S. Taikomosios optimizacijos pagrindai. Vilnius: Technika, 2007.

⁹ KIRLAITĖ, R.; MARČINSKAS, A. Vadybos metodai. Vilnius: Vilniaus universitetas, 2001.

deterministines ir stochastines problemas. Skaičiavimai atliekami rekursyviai: tinkamiausias problemos sprendimas panaudojamas kaip kitos problemos sprendimas. Tiesa, kompleksinėms, didelių apimčių problemoms spręsti šis metodas netinka.

Apibendrinant galima teigti, kad tiesinis programavimas yra svarbi taikomosios matematikos priemonė, naudojama sprendžiant įvairius optimizavimo uždavinius. Tai yra iki šiol plačiai taikomas metodas sprendžiant tiesinio optimizavimo problemas. Pagrindinis šio metodo pranašumas – galimybė rasti geriausią sprendinį.

TAIKYMO PAVYZDŽIAI

2 pavyzdys. Tinkamiausias konditerijos gaminių gamybos planas

UAB „Konditerija“ – įmonė, turinti senas ir galias konditerijos gaminių gamybos tradicijas, išsiskirianti plačiu asortimentu. Jau daugiau nei 50 metų įmonė veikia Panevėžyje. Produkcija realizuojama bendrovės parduotuvėse ir miesto kavinėse.

SPRENDIMO DALYVIAI. Iš viso įmonėje visu etatu dirba septyni darbuotojai. Kepykla dirba dviem pamainomis po vieną kepėją ir kepėjo padėjėją. Kiti darbuotojai dirba įprastu darbo laiku nuo 8 iki 17 valandos. Visus dienos užsakymus išvežioja tik už produktų pristatymą atsakingas kurjeris. Be to, įmonėje dirba vadybininkas, kuris sprendžia įmonės vadybos klausimus. Administracijos direktorius nori pakelti darbuotojams atlyginimus ir pavedė vadybininkui išsiaiškinti, ar galima tai padaryti. Analizuodamas padėtį, vadybininkas taikys tiesinį programavimą, kad pelnas būtų kiek įmanoma didžiausias esant fiksuotam asortimentui ir žmogiškiesiems ištekliams. Taigi sprendimo dalyviai bus vadybininkas ir administracijos direktorius.

PROBLEMOS TURINYS. Įmonė gamina tortus, sausainius, šakočius, plokštinius ir bandeles. Produktai ne visada parduodami per jų galiojimo laikotarpį, o kai kurių paklausa yra didesnė nei pasiūla. Kaip kiekvienai

kitai, tiriamajai įmonei bene svarbiausias dalykas yra gauti kuo didesnę pelną ir dirbti efektyviai, todėl svarbu išsiaiškinti, kiek kiekvienos rūšies gaminių reikia gaminti, kad būtų gautas didžiausias pelnas ir patenkintas rinkos poreikis.

SPRENDIMO TIKSLAS. Įmonė nori sužinoti, kiek maksimaliai padidėtų pelnas esant fiksuotam asortimentui ir žmogiškiems ištekliams. Kartu siekiama sužinoti, koks turėtų būti gaminamo asortimento kiekis.

PRADINIAI DUOMENYS. Prieš sprendžiant uždavinį, būtina išanalizuoti įmonės veiklą ir surinkti reikiamus duomenis apie gamybą. Reikia suskaičiuoti turimus išteklius, kiekvieno produkto gamybos trukmę, išsiaiškinti visą darbo eigą ir įvertinti kiekvieno produkto teikiamą pelną.

Kintamieji	Žymėjimas	Sąlygos
Konditeriniai gaminiai	N	$N = [n_1, n_2, \dots, n_m]$
Konditerinių gaminių produktai	M	$M = [m_1, m_2, \dots, m_k]$
Gaminio paruošimo laikas	L	$L \geq 0$
Kepimo laikas	L_1	$L_1 \geq 0$
Kiekvieno konditerinio gaminio pelnas	P	$P = [p_1, p_2, \dots, p_k]$
Turimi ištekliai	R	$R = [r_1, r_2, \dots, r_k]$, $r_1 = 200, r_2 = 100,$ $r_3 = 100, r_4 = 50,$ $r_5 = 320, r_6 = 700.$

Įmonė gamina tortus, sausainius, šakočius, plokštinius ir bandeles. Kiekvienam gaminiui reikia atitinkamo kiekio sudedamųjų dalių: kiaušinių, miltų, cukraus, grietinės ir kitų priedų. Produktas turi būti paruoštas, tada iškeptas, supakuotas ir patiektas į parduotuves.

3 lentelė. Produkcijai pagaminti reikalingos sąnaudos

Gaminiai (vnt. skaičius)	Produktai (kg, vnt.)				Darbo eiga		Pelnas (eurais)
	Kiaušiniai (m_1)	Miltai (m_2)	Cukrus (m_3)	Grietinė (m_4)	Produkto paruošimo trukmė (vnt./val.)	Kepimo trukmė (n/val.)	
Tortas (n_1)	6	1	1	1	1	1,5	45
Sausainiai (n_2)	4	2	2	0,5	1	1	25
Šakotis (n_3)	15	0,5	1	–	2	3	60
Plokštainis (n_4)	2	0,5	1	2	1	1,45	35
Bandelės (n_5)	–	2	1	1	2	1	19
Turimi ištekliai	200	100	100	50	320	700	

3 lentelėje pateikta, kiek kiekvienam gaminiui pagaminti reikia produktų, kiek reikia laiko jam paruošti ir koks gaunamas pelnas, pvz., tortui reikia 6 kiaušinių, 1 kg miltų, 1 kg cukraus ir 1 kg grietinės; tortą pagaminti truktų 1 valandą, keptų 1 valandą 30 minučių. Pardavus būtų gautas 45 eurų pelnas. Maisto produktai greitai genda, jų negalima ilgai sandėliuoti, o ištekliai riboti. Įmonė kiekvieną mėnesį nusiperka 200 kiaušinių, 100 kg miltų, 100 kg cukraus ir 50 kg grietinės. Vadovaujantis techniniais reikalavimais, orkaitė gali dirbti daugiausia 700 valandų per mėnesį. Dviejų kepėjų darbo laikas sudaro 320 val. per mėnesį, todėl produktų paruošimo trukmė negali viršyti šio laiko.

SPRENDIMAS. Pirmiausia kiekvienam gaminiui priskiriame kintamąjį x_n , kuris nusako visų pagamintų gaminių kiekį; čia n – sveikieji skaičiai. Šiuo atveju x_1 – tortų kiekis, x_2 – sausainių kiekis, x_3 – šakočių kiekis, x_4 – plokštainių kiekis, x_5 – bandelių kiekis. Gamybos planas (toliau – GP) yra $f(GP) = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$.

Pelno funkcija (kuri reiškia uždavinio tikslo funkciją) išreiškiama kiekvieno gaminio pelną padauginus iš gaminio kiekio sumos:

$$P(x) = 45x_1 + 25x_2 + 60x_3 + 35x_4 + 19x_5,$$

čia $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \geq 0$, o $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 = [0, 1, 2, \dots]$ – sveikieji skaičiai.

Logiška, kad gaminio kiekis negali būti nei neigiamas, nei trupmeninis skaičius (juk negalima pagaminti ir parduoti 1,5 torto).

Tikslo funkciją siekiame maksimizuoti. Reikia papildomai susidaryti ribines sąlygas (funkcijas), kurias turėtų atitikti ieškomi kintamieji x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 . Dažniausiai sudaromos ribinės turimų išteklių kiekių sąlygos.

Ribinės sąlygos. Turime 200 kiaušinių per mėnesį. Iš jų 6 panaudojami gaminant tortą, 4 – sausainiams, 15 – šakočiui, 2 – plokštainiui ir nė vienas kiaušinis nepanaudojamas gaminant bandeles. Ribinė pirmojo išteklių, t. y. kiaušinių, sąlyga yra:

$$\begin{aligned} 6x_1 + 4x_2 + 15x_3 + 2x_4 + x_5 &\leq 200, & \text{Sąlygą galima supaprastinti,} \\ 6x_1 + 4x_2 + 15x_3 + 2x_4 &\leq 200. & \text{nes } x_5 = 0. \end{aligned}$$

Turime 100 kg miltų per mėnesį. 1 kg sunaudojamas gaminant tortą, 2 kg – sausainiams, 0,5 kg – šakočiui, 0,5 kg – plokštainiui ir 2 kg – bandelėms. Ribinė antrojo išteklių, t. y. miltų, sąlyga yra:

$$x_1 + 2x_2 + 0,5x_3 + 0,5x_4 + 2x_5 \leq 100.$$

Turime 100 kg cukraus per mėnesį. 1 kg sunaudojamas gaminant tortą, 2 kg – sausainiams, 1 kg – šakočiui, 1 kg – plokštainiui ir 1 kg – bandelėms. Ribinė trečiojo išteklių, t. y. cukraus, sąlyga yra:

$$x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \leq 100.$$

Turime 50 kg grietinės per mėnesį. 1 kg sunaudojamas gaminant tortą, 0,5 kg – sausainiams, nė vienas kg nesunaudojamas gaminant šakotį, 2 kg sunaudojami plokštainiui ir 1 kg – gaminant bandeles. Ribinė ketvirtojo išteklių, t. y. grietinės, sąlyga yra:

$$\begin{aligned} 1x_1 + 0,5x_2 + x_3 + 2x_4 + 1x_5 &\leq 50. & \text{Ją galima supaprastinti,} \\ x_1 + 0,5x_2 + 2x_4 + x_5 &\leq 50. & \text{nes } x_3 = 0. \end{aligned}$$

Dar yra kepejų darbo laiko ribojimas – 320 val. per mėnesį. Tai laikas, skirtas tortams, sausainiams, plokštainiams, šakočiams ir bandelėms paruošti:

$$x_1 + x_2 + 2x_3 + x_4 + 2x_5 \leq 320, \quad \text{ribinė gaminio paruošimo sąlyga.}$$

Įmonė kepimui gali skirti ne daugiau kaip 700 val. per mėnesį. Sausainiai ir bandelės kepa 1 val., plokštainis – 1:45 val., tortas – 1,5 val., o šakotis – net 3 val.

$$1,5x_1 + x_2 + 3x_3 + 1,45x_4 + x_5 \leq 700, \quad \text{ribinė kepimo sąlyga.}$$

Gauname lygčių sistemą:

$6x_1 + 4x_2 + 15x_3 + 2x_4 \leq 200,$	ribinė kiaušinių kiekio sąlyga.
$x_1 + 2x_2 + 0,5x_3 + 0,5x_4 + 2x_5 \leq 100,$	ribinė miltų kiekio sąlyga.
$x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \leq 100,$	ribinė cukraus kiekio sąlyga.
$x_1 + 0,5x_2 + 2x_4 + x_5 \leq 50,$	ribinė grietinės kiekio sąlyga.
$x_1 + x_2 + 2x_3 + x_4 + 2x_5 \leq 100,$	ribinė gaminio paruošimo sąlyga.
$1,5x_1 + x_2 + 3x_3 + 1,45x_4 + x_5 \leq 700,$	ribinė kepimo x sąlyga.

Reikia rasti geriausias kintamųjų x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 vertes, kad pelno funkcija $P(x) = 45x_1 + 25x_2 + 60x_3 + 35x_4 + 19x_5$ pasiektų didžiausią sprendinį (pelną).

Sprendinys randamas taikant kompiuterizuotas paramos sistemas.

ATSAKYMAS. $x_1 = 33, x_2 = 0, x_3 = 0, x_4 = 0, x_5 = 17, L_{\max} = 1\ 808$.

IŠVADOS IR INTERPRETACIJA. Kad būtų gautas didžiausias pelnas, reikia gaminti tortus (x_1) ir bandeles (x_5). Turint tokius išteklius, reikėtų atsisakyti gaminti kitus gaminius: taip įmonė gautų didžiausią pelną ir būtų užtikrintas jos stabilumas. Analizuojant gautus duomenis matyti, kad pagaminti daugiau tortų ir bandelių trukdo gaunamos grietinės kiekis (50 kg). Todėl taupant sąnaudas galima atsisakyti vieno kepėjo ir vieno padėjėjo, nes jie dirba ilgiau, negu reikia 33 tortams ir 17 bandelių iškepti, o kitiems darbuotojams būtų galima pakelti atlyginimą. Kitaip sakant, įmonė gali dirbti viena pamaina. Verslininkai ir administracijos direktorius stengiasi darbą organizuoti taip, kad investuojant kuo mažiau būtų gautas didžiausias pelnas. Tokie sprendimo būdai leidžia efektyviau analizuoti ir valdyti darbą ir personalą, išsiaiškinti asortimentą, kiek ir kokių gaminių reikia gaminti su turimais žmogiškaisiais ištekliais.

3 pavyzdys. Lietuvos pajūrio kopų tvarkymo darbų pasirinkimas

Lietuvos pajūrio kopos yra smėlėtuose pajūriuose vėjo supustytos smėlio kalvos. Senosios Lietuvos pajūrio kopos susidarė prieš 5 000–6 000 metų. Kuršių nerijos kopos susidarė prieš 200 metų. Deja, dėl natūralių gamtinių sąlygų jos slenka vyraujančio vėjo kryptimi. Šie poslinkiai įvairuoja nuo kelių centimetrų iki kelių metrų per metus. Kopos yra dviejų rūšių: judriosios ir nejudriosios, kitaip – negyvosios. Augalija apaugusios kopos nustoja judėti ir tampa negyvosiomis kopomis.

SPRENDIMO DALYVIAI. Pirmasis dalyvis – aplinkosaugininkai, kurių pagrindinis tikslas yra saugoti aplinką nuo fizinio, cheminio, biologinio ir kitokio neigiamo poveikio ar padarinių, atsirandančių įgyvendinant planus ir programas, vykdant ūkinę veiklą ar naudojant gamtos išteklius. Antrasis dalyvis – Aplinkos ministerija, kurios užduotis yra reguliuoti teisinę bazę ir koordinuoti jos įgyvendinimą, kad būtų užtikrintas gyvenimas palankioje aplinkoje, išsaugota biologinė įvairovė ir kraštovaizdžio savitumas. Trečiasis dalyvis – Palangos miesto savivaldybė, atsakinga už viešuosius pirkimus, darbų vykdymą ir kokybę. Dar dalyvauja privačios įmonės, kurių pagrindinis tikslas – mažiausiomis sąnaudomis gauti didžiausią pelną.

PROBLEMOS TURINYS. Lietuvos pajūrio kopų smėlis nuolat juda, ypač poilsiautojų lankomose vietose. Pakrančių miestų savivaldybės rūpinasi kopų priežiūra. Kasmet planuoja Palangos ir Šventosios kopas ir į jas vedančius takus, tvirtina jas žabų klojiniais ir tvorelėmis. Specialistų nuomone, toks kopų saugojimas iš tikrųjų duoda teigiamų rezultatų. Kopos yra vienas iš Lietuvos gamtos paveldo objektų, jas ypač aktualu išsaugoti ateities kartoms. 2013 metais Aplinkos ministerija skyrė 300 tūkst. eurų, o Palangos miesto savivaldybė numatė skirti 129 tūkst. eurų kopoms išsaugoti. Numatomas 2013 metų bendrasis projekto biudžetas – 429 tūkst. eurų. Šie skaičiavimai apima tik techninį projekto įgyvendinimą, administravimo išlaidos neįtrauktos.

SPRENDIMO TIKSLAS. Aplinkosaugininkai nustatė, kad kopas geriausia tvirtinti dviem būdais: žabų (šakų) klojiniais arba kopų tvorelėmis. Reikia nustatyti, koku būdu tinkamiausia tvirtinti kopas, kad atliekami darbai ekonominiu požiūriu būtų veiksmingi.

PRADINIAI DUOMENYS. Pasirinkus pirmąjį būdą, t. y. kopas tvirtinti šakų klojiniais ir nutiesti 150 m tvorelę, reikėtų 300 m² žabų klojinių ir tai užtruktų 450 valandų. Jeigu būtų tiesiama antruoju būdu, sunaudojus 150 m² žabų klojinių per 300 valandų būtų nutiesta 120 m tvorelė. Žinoma, kad pasirinkus pirmąjį būdą projektą įgyvendinančios įmonės sąnaudos būtų didesnės.

Projekte numatyta, kad per 900 valandų reikia nutiesti 6 000 m tvorelę. Be to, finansuojama tik 9 000 m² šakų klojinių (žr. 4 lentelę).

4 lentelė. Darbo atlikimo forma, būdas ir jų rodikliai

Rodiklis	Darbo atlikimo forma arba darbo atlikimo būdas		Atsargos, terminas
	Kopų tvirtinimas žabų (šakų) klojiniais (pirmasis būdas)	Kopų tvirtinimas tvorelėmis (antrasis būdas)	
Žabų (šakų) klojiniai, m ²	300	150	9 000
Tvorelė, m	150	120	6 000
Darbo sąnaudos, valandos	450	300	900
Sąnaudos eurai	90 000	60 000	

SPRENDIMAS. Pirmiausia pabrėžiame, kad x_1 – kopų tvirtinimas šakų klojiniais, o x_2 – kopų tvirtinimas tvorelėmis. Kintamieji x_1 ir x_2 turi būti sveiki teigiami skaičiai. Darbų planą (DP) pasižymime $DP = (x_1, x_2)$.

Tikslo funkcija išreiškiama formule $P(X) = 90\,000x_1 + 60\,000x_2$ ir siekiama tikslo funkcijos $L_{\max} = 90\,000x_1 + 60\,000x_2$, kad sąnaudų požiūriu ji būtų mažiausia.

Tokiam sprendimui reikia susidaryti ribines sąlygas (funkcijas), kurias turėtų atitikti mūsų ieškomi kintamieji x_1 , x_2 . Dažniausiai sudaromos ribinės turimų išteklių kiekių sąlygos.

Ribinės sąlygos. Šio uždavinio ribojimai yra turimos žabų atsargos – 9 000 m². Kopoms tvirtinti žabų (šakų) klojiniais sunaudojama 300 m² šakų, o tvirtinant tvorelėmis – 150 m² šakų.

$300x_1 + 150x_2 \leq 9\,000$, ribinė žabų (šakų) klojinių kiekio sąlyga.

Ribojimas taikomas ir tvorelės tvėrimui. Jos reikia nutiesti 6 000 m, tačiau pirmuoju būdu sunaudojus 300 m² arba antruoju būdu sunaudojus 150 m² žabų (šakų) klojinių atitinkamai bus nutiesta 150 m arba 120 m tvorelės.

$150x_1 + 120x_2 \leq 6\,000$, ribinė tvorelės ilgio sąlyga.

Nagrinėjant darbo atlikimo termino ribojimus paaiškėja, kad visam darbui atlikti skirta ne daugiau kaip 900 valandų. Kopų tvirtinimas šakų klojiniais trunka 450 val., o kopų tvirtinimas tvorelėmis – 300 valandų.

$450x_1 + 300x_2 \leq 900$, ribinė darbo valandų sąlyga.

Gaunama lygčių sistema, kurią galima supaprastinti kiekvieną funkciją padalijus iš atitinkamo skaičiaus:

$300x_1 + 150x_2 \leq 9\,000 \quad / : 150 \quad 2x_1 + x_2 \leq 60$, ribinė žabų (šakų) klojinių kiekio sąlyga.

$150x_1 + 120x_2 \leq 6\,000 \quad / : 30 \quad 5x_1 + 4x_2 \leq 200$, ribinė tvorelės ilgio sąlyga.

$450x_1 + 300x_2 \leq 900 \quad / : 150 \quad 3x_1 + 2x_2 \leq 6$, ribinė darbo valandų sąlyga.

Reikia rasti kintamuosius x_1 ir x_2 , kad tikslo funkcija $P(x) = 90\,000x_1 + 60\,000x_2$ būtų mažiausia reikšmė.

ATSAKYMAS. $x_1 = 0$, $x_2 = 3$, $L_{\max} = 180\,000$.

IŠVADOS IR INTERPRETACIJA. Kopų tvirtinimas tam tikromis priemonėmis ir būdais (pvz., iš žabų suformuotais barjeriais ar atvežtu smėliu) gali išgelbėti gamtą ir jos ekosistemas, todėl ne tik visuomenė turėtų rūpintis aplinkos tausojimu, bet ir valdžios atstovai, galintys priimti sprendimą skirti lėšų. Be to, turi būti vykdomi kranto tvarkymo darbai, kad būtų išsaugota aplinka. Kopos žabų klojiniais ir tvorelėmis gali būti efektyviai tvirtinamos net esant iš anksto nustatytiems ribojimams, tokiems kaip darbo laikas, sutvirtinamų kopų ilgis ir pan. Šiuo konkrečiu atveju rekomenduojama rinktis kopų tvirtinimą tvorelėmis (antrąjį būdą), nes tai pigiau negu tiesti klojinius. Teisingai pasirinkus taupomos valstybės lėšos, užtikrinama, kad bus laikomasi procedūrų ir darbai bus atlikti. Tiesinio programavimo principų taikymas ir įgyvendinimas sudaro galimybę veiksmingiau naudoti valstybės biudžeto lėšas, institucijų veiklą nukreipti į konkrečių rezultatų siekimą ir didinti viešojo sektoriaus teikiamų paslaugų kokybę.

4 pavyzdys. Tinkamiausias dviejų produktų (alaus ir giros) gamybos planas

Įmonė veikia daugiau nei 50 metų ir gamina du pagrindinius produktus: alų ir girą. Ji turi savo ištikimus klientus, kurie mėgsta jos produktus, tad platinimo būdai yra nusistovėję. Senos tradicijos ir sena receptūra padeda įmonei išsilaikyti sudėtingomis konkurencijos sąlygomis.

SPRENDIMO DALYVIAI. Įmonę sudaro du pagrindiniai skyriai: rinkodaros ir gamybos. Rinkodaros skyrius atsakingas už rinkos tyrimus, įmonės strategijos kūrimą, strateginį planavimą, reklamos ir produkcijos plėtrą. Pagrindinė gamybos skyriaus veikla – užtikrinti nenutrūkstamą produkto gamybą. Kilo poreikis optimizuoti gamybą atsižvelgiant į sandėliavimo apimtį. Todėl sprendimo dalyviai šiuo atveju būtų įmonės vadovas, rinkodaros ir gamybos skyriaus vadovai ir įmonės vadybininkas. Be to, galima netiesiogiai įtraukti ir klientus: juos pravartu apklausti.

PROBLEMOS TURINYS. Nors įmonė seniai gamina du produktus, jų santykis nustatomas atsižvelgiant į ilgalaikę prekybos patirtį, bet neatsižvelgiant į kaupiamas produktų atsargas. Kita vertus, dėl padidėjusių sandėlių nuomos kainų sandėliuoti produktus tapo brangu. Atsirado poreikis optimizuoti gamybą atsižvelgiant į sandėliavimo apimtį.

SPRENDIMO TIKSLAS. Įmonė nori sužinoti, kiek tonų alaus ir giros reikia gaminti, kad būtų gautas didžiausias pelnas.

PRADINIAI DUOMENYS. Įmonė gamina du produktus: girą ir alų, kurių pelnas atitinkamai yra 2 000 eurų ir 3 000 eurų už toną. Tonai giros pagaminti reikia 1 t vandens, 0,5 t mielių, 1 kg saldiklių ir kitų cheminių medžiagų bei įrenginių 10 darbo valandų. Tonai alaus pagaminti reikia 1,5 t vandens, 1 t mielių, 0,5 kg saldiklių ir kitų cheminių medžiagų bei įrenginių 15 darbo valandų (žr. 5 lentelę). Per tam tikrą laikotarpį įmonė gali parduoti ne daugiau kaip 20 t giros, o alaus gali pagaminti ne mažiau kaip 50 tonų. Per tą patį laikotarpį įmonė gali panaudoti 100 t vandens, 63 t mielių, 47 kg saldiklių ir kitų cheminių medžiagų ir išsekvoti įrenginių 1 000 darbo valandų.

Iš pardavimo praktikos žinoma, kad alaus reikia gaminti mažiausiai 50 t, o giros negalima pagaminti daugiau kaip 20 tonų.

5 lentelė. Ištekliai kiekiai produktams gaminti

Ištekliai \ Produktai	Gira, t	Alus, t	Ribojimai
Vanduo, t	1	1,5	100
Mielės, t	0,5	1	63
Saldikliai ir kitos cheminės medžiagos, t	0,001	0,0005	0,047
Įrenginių darbo valandos, val.	10	15	1 000
Pelnas eurai	2 000	3 000	

x – giros kiekis tonomis, y – alaus kiekis tonomis.

SPRENDIMAS. Sudaroma tikslo funkcija, padedanti gauti didžiausią pelną: $\max f(x) = 2\,000x + 3\,000y$; čia x – giros kiekis tonomis ir y – alaus kiekis tonomis. Priimant tokį sprendimą, reikia papildomai nustatyti ribines sąlygas (funkcijas), kurias turėtų atitikti ieškomi kintamieji. Dažniausiai sudaromos ribinės turimų išteklių kiekių sąlygos.

Ribojimai:

$x + 1,5y \leq 100,$	ribinė vandens kiekio sąlyga.
$0,5x + y \leq 63,$	ribinė mielių kiekio sąlyga.
$0,001x + 0,0005y \leq 0,047,$	ribinė saldiklių kiekio sąlyga.
$10x + 15y \leq 1\,000,$	ribinė darbo kiekio sąlyga.
$0 \leq x \leq 20, y \geq 50,$	ribinė pardavimų kiekio sąlyga.

Matyti, kad vandens kiekio ir darbo ribojimai yra vienodi, todėl vieną iš jų galima pašalinti, pvz., darbo ribojimą.

$x + 1,5y \leq 100,$	ribinė vandens kiekio sąlyga.
$0,5x + y \leq 63,$	ribinė mielių kiekio sąlyga.
$0,001x + 0,0005y \leq 0,047,$	ribinė saldiklių kiekio sąlyga.
$0 \leq x \leq 20, y \geq 50,$	ribinė pardavimų kiekio sąlyga.

Sprendinys randamas taikant kompiuterizuotas paramos sistemas.

ATSAKYMAS. $x = 20, y = 53$.

MATEMATINIS SPRENDIMAS. Tokios pačios išvados padaromos sprendžiant ir matematiniu būdu taikant ribines vertes. Pirmiausia nagrinėjama ribinė vandens kiekio sąlyga:

$$1,5y \leq 100 - 20, y \leq 53,33, \quad \text{kai } x = 20, \text{ gaunama daugiausia alaus.}$$

Nagrinėjama ribinė mielių kiekio sąlyga:

$$0,5x + y \leq 63, y \leq 53, \quad \text{kai } x = 20, \text{ gaunama daugiausia alaus.}$$

Nagrinėjama ribinė saldiklių kiekio sąlyga:

$$0,001x + 0,0005y \leq 0,047, y \leq 54, \quad \text{kai } x = 20, \text{ gaunama daugiausia alaus.}$$

Akivaizdu, kad jeigu gaminama 20 t giros, alaus galima gaminti ne daugiau kaip 54 tonas. Gaminti 20 t giros ir 50 t alaus neverta, nes norima gauti didžiausią pelną. Toliau reikia patikrinti, kiek daugiausia alaus galima gaminti, jei giros bus atsisakyta. Pirmiausia nagrinėjama ribinė vandens kiekio sąlyga.

$$x + 1,5y \leq 100, y \leq 66,666, \quad \text{kai } x = 0, \text{ gaunama daugiausia alaus.}$$

Nagrinėjama ribinė mielių kiekio sąlyga.

$$0,5x + y \leq 63, y \leq 63, \quad \text{kai } x = 0, \text{ gaunama daugiausia alaus.}$$

Nagrinėjama ribinė saldiklių kiekio sąlyga.

$$0,001x + 0,0005y \leq 0,047, y \leq 94, \quad \text{kai } x = 0, \text{ gaunama daugiausia alaus.}$$

Akivaizdu, kad reikia gaminti nuo 53 t iki 63 t alaus. Į visus ribojimus įrašius 53 t paaiškėja, kad mielių kiekis riboja labiausiai: alaus išeina 53 t, giros – tik 20 t, vandens – 20,5 t, saldiklių – 20,5 t. Sutvarkius ribojimus giros kiekis būtų išreikštas tonomis:

$$x \leq 100 - 1,5y, \quad \text{ribinė vandens kiekio sąlyga.}$$

$$x \leq 126 - 2y, \quad \text{ribinė mielių kiekio sąlyga.}$$

$$x \leq 47 - 0,5y, \quad \text{ribinė saldiklių kiekio sąlyga.}$$

Kad ir kiek alaus būtų gaminama (nuo 53 iki 63 t), visada bus mielių kiekio ribojimas – $2y$. Vandens $1,5y$ ir saldiklių $0,5y$ kiekių rodikliai mažesni, todėl juos galima atmesti. Jeigu mielių kiekio ribojimai $x \leq 126 - 2y$, pelnas bus $P = 2\,000x + 3\,000y$. x įrašoma į pelno formulę.

$$P = 2\,000(126 - 2y) + 3\,000y = 252\,000 - 4\,000y + 3\,000y = 252\,000 - 1\,000y$$

Matyti, kad pelnas bus didžiausias, kai alaus kiekis bus mažiausias, o alaus negali būti mažiau kaip 53 tonos. $\text{Pelnas} = 252\,000 - 4\,000 \cdot 53$, $\text{pelnas} = 252\,000 - 1\,000 \cdot 53$, $\text{pelnas} = 252\,000 - 53\,000 = 199\,000$ eurų.

IŠVADOS IR INTERPRETACIJA. Norint gauti didžiausią pelną, t. y. 199 000 eurų, reikia gaminti 20 tonų giros ir 53 tonas alaus. Didžiausias pelnas bus gaunamas tada, kai bus parduodama visa pagaminta produkcija. Taigi rinkodaros skyrius turi užtikrinti nepertraukiamą pardavimo srautą. Rinkodaros aktyvumas yra esminė įmonės veiklos sąlyga, ypač tose rinkose, kuriose didelė konkurencija. Netgi geriausias produktas turi būti priimtinos kainos, būti lengvai pasiekiamas realizavimo tinkluose. Jis turi būti pagrįstas reklamos elementais, kurie jį pristatytų galimiems klientams kaip patrauklią ir išskirtinę prekę. Be atitinkamos rinkodaros veiklos netgi geriausia strategija neduos gerų rezultatų.

5 pavyzdys. Pelno diversifikavimo valdymas optimalaus pluoštinių kanapių ir kukurūzų sėjos balanso atveju

Kukurūzai yra vienmetis augalas, užaugantis nuo vieno iki trijų, o kartais ir iki penkių metrų. Jų grūdai stambūs, pliki ir apvalūs, iš jų gaminami miltai, kruopos, krakmolos, sirupas, spiritas. Stiebus ir lapus galima naudoti žaliajam pašarui. Kanapės – magnolijūnų genčiai priklausantis augalas. Tai vienas seniausių kultūrinių augalų, kurių šiuo metu skiriamos trys rūšys: sėjamoji kanapė, indinė kanapė ir šiukšlyninė kanapė. Kanapės sėklos yra maistingos (jose daugiau baltymų ir aminorūgščių nei grūdinių kultūrų grūduose), todėl sėklos tinkamos maisto pramonei ir iš jų dažniausiai spaudžiamas aliejus. Pluoštinės kanapės gali būti plačiau naudojamos pramonėje.

PROBLEMOS TURINYS. Lietuvos ūkininkai savo valdomus nemažus žemės plotus apsėdavo tik kukurūzais ir rapsu. Dėl sudėtingų auginimo sąlygų kukurūzų derlius ne visada būdavo patenkinamas, tačiau 2012 metais Lietuvos Respublikos Seimui priėmus įstatymą, leidžiantį Lietuvoje auginti pluoštines kanapes, ūkininkai pradėjo svarstyti galimybes auginti naują žemės ūkio kultūrą. Kai Klaipėdoje

esanti gamykla pradėjo supirkinėti visas pluoštines kanapes automobilių prietaisų skydeliams gaminti, daugelis ūkininkų apsvarstė galimybę dalyje pasėliams skirtų plotų auginti kanapes.

SPRENDIMO TIKSLAS. Ūkininkams svarbu sužinoti, kiek hektarų kiekvienos kultūros galima apsesti norint gauti didžiausią pelną. Norint apskaičiuoti didžiausią pelną, reikia taikyti tiesinio programavimo metodą.

PRADINIAI DUOMENYS. Jei ūkininkas žino, kad jo pelnas iš vieno rapsų ha sudaro 40, o iš pluoštinių kanapių hektaro 30 eurų, gali įvertinti, kiek darbo laiko (pvz., 320 valandų) gali skirti žemei apdirbti. Be to, jis turi išsiaiškinti, kiek darbo laiko reikia vienam hektarui rapsų (2 valandų) ir vienam hektarui pluoštinių kanapių (1 valandos) apdirbti. Siekiama apsesti 240 ha plotą. Pradinių duomenų pakaks atsakyti į keliamą klausimą.

SPRENDIMAS. Norint apskaičiuoti didžiausią pelną, reikia susidaryti tikslo funkciją: $MaxZ = 40x + 30y$, čia x – rapsų lauko plotas ha, y – pluoštinių kanapių lauko plotas ha. $40x$ – visos pajamos iš rapsų, $30y$ – visos pajamos iš pluoštinių kanapių.

Ribojimai:

$$\begin{array}{ll} x + y \leq 240, & \text{ribinė ūkininko apsėjamos žemės sąlyga.} \\ 2x + y \leq 320, & \text{ribinė valandų sąlyga.} \\ x \geq 0, y \geq 0, & \text{nes turi būti apsėta arba neapsėta.} \end{array}$$

Sprendžiama lygtis:

$$\begin{array}{ll} x + y = 240, & \text{nelygybės paverčiamos lygybėmis.} \\ 2x + y = 320. & \\ x + y = 240, & \text{atskliaudžiami skliaustai, abi lygtys sudedamos.} \\ 2x + y = 320, & \\ x = 80. & \end{array}$$

Reikia rasti y ; kai $x = 80$, tai

$$\begin{array}{l} x + y = 240, \\ 80 + y = 240, \\ y = 160. \end{array}$$

Sprendžiama lygtis; x ir y prilyginama 0 ir taip randamos atitinkamos reikšmės (taškai).

$$x + y \leq 240, \quad \text{čia } x = 0, \text{ tai } y \leq 240.$$

$$2x + y \leq 320, \quad \text{čia } x = 0, \text{ tai } y \leq 320.$$

$$x + y \leq 240, \quad \text{čia } y = 0, \text{ tai } x \leq 240.$$

$$2x + y \leq 320, \quad \text{čia } y = 0, \text{ tai } x \leq 160.$$

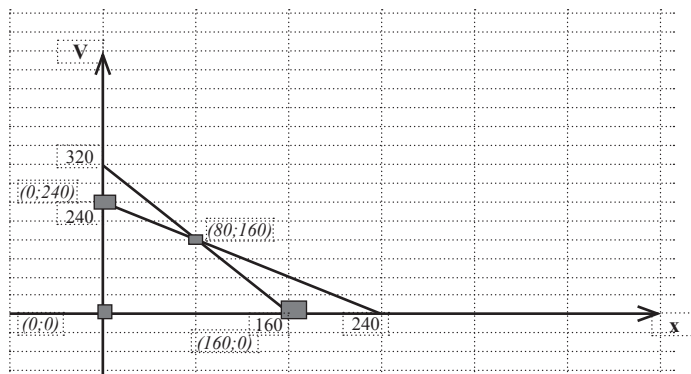
Yra keturi ekstremalūs taškai, skaičiuojama jų tikslo funkcija:

$$(0;0) \quad Z_1 = 0$$

$$(0;240) \quad Z_2 = 40 \cdot 0 + 30 \cdot 240 = 0 + 7\,200 = 7\,200$$

$$(80;160) \quad Z_3 = 40 \cdot 80 + 30 \cdot 160 = 3\,200 + 4\,800 = 8\,000$$

$$(160;0) \quad Z_4 = 40 \cdot 160 + 30 \cdot 0 = 6\,400 + 0 = 6\,400$$



2 pav. Tinkamiausio sprendinio grafikas

Grafiškai pavaizdavus visus taškus matyti, kad geriausias sprendinio taškas yra susikirtimo taškas (80;160). Kiti galimi trys sprendinio taškai rodo, kad gaunamas pelnas yra mažesnis (žr. 2 paveikslą).

ATSAKYMAS. $x = 80$ ha, $y = 160$ ha.

IŠVADOS IR INTERPRETACIJA. Didžiausią pelną ūkininkas gaus, jeigu 80 ha apsės rapsais, o 160 ha – kanapėmis. Tada jis galės tikėtis didžiausio galimo pelno – 8 000 eurų. Nors pirmaisiais metais gali atrodyti rizikinga atsisakyti didelės dalies pažįstamos žemės ūkio kultūros (rapsų), vis dėlto esant tokioms išankstinėms sąlygoms vienintelis racionalus sprendimas – didžiąją lauko dalį (160 ha) apsėti pluoštinėmis kanapėmis.

6 pavyzdys. Grožio paslaugas teikiančios įmonės individualių darbo apimčių planavimas

Kirpyklos yra paplitęs smulkiojo verslo pavyzdys. Šie salonai teikia standartines paslaugas: kerpa, dažo ir šukuoja plaukus. Jei veikla sėkminga, įmonė gali plėstis, teikti papildomų paslaugų, tokių kaip manikiūras, pedikiūras, masažas, kosmetologo paslaugas.

PROBLEMOS TURINYS. Šiuose salonuose darbuotojai keičiasi gana dažnai. Įdarbinus naujų žmonių, paaiškėja ilgiau dirbančių ir naujų darbuotojų įgūdžių skirtumai, todėl tampa sudėtinga nustatyti paslaugų trukmę ir planuoti klientų srautus.

Savininkai priėmė į darbą naujų kirpėjų, turinčių mažiau patirties nei keli senojo kolektyvo darbuotojai. Taigi naująjį kirpėjų kolektyvą sudaro du jau seniai dirbantys ir du neseniai pradėję dirbti kirpėjai.

SPRENDIMO DALYVIAI. Salono savininkas (direktorius) atsakingas už įmonės administravimo klausimus. Jo pagrindinis tikslas – kad salonas dirbtų pelningai ir būtų galima plėsti savo verslą. Salone dirba du nauji darbuotojai, neseniai baigę kirpėjų kursus ir neturintys patirties, ir du jau seniai dirbantys specialistai, kurių patirtis yra apie 20 metų. Kirpyklose darbuotojai keičiasi gana dažnai, todėl įmonė noriai priima jaunos, patirties neturinčius neseniai kursus baigusius darbuotojus. Tačiau jauni darbuotojai dar neturi savo klientų ir ilgiau su jais dirba. Paprastai naujų darbuotojų ieško įmonės vadybininkas, atsakingas ne tik už personalą, bet ir už kitus vadybos klausimus. Taigi sprendimo dalyviai, kurie sudarys darbo planą ir skirstys užduotis, yra įmonės direktorius, vadybininkas ir darbuotojai.

SPRENDIMO TIKSLAS. Šio uždavinio tikslas – padidinti pelną ir būtinai patenkinti minimalų poreikį.

PRADINIAI DUOMENYS. Ilgiau dirbantis darbuotojas turi didesnę darbo patirtį, todėl per mėnesį gali priimti vidutiniškai daugiau klientų (pvz., iki 600 žmonių). Naujas, mažiau patirties turintis darbuotojas, gali priimti vidutiniškai iki 512 žmonių. Grožio salono tikslas – neprarasti

klientų, kurių yra apie 1 040, nes anksčiau vidutiniškai tiek ir galėjo priimti. Apskaičiavę paskutiniojo laikotarpio lankytojų vidurkį, savininkai norėtų sulaukti iki 560 vyrų ir 480 moterų. Vidutinė kirpimo kaina, kai kerpa patyręs darbuotojas: vyrų kirpimas kainuoja apie 28 eurus, moterų – 56 eurus. Naujo, patirties neturinčio darbuotojo paslaugų kainos: vyrų kirpimas – 22 eurai, moterų – 48 eurai (žr. 6 lentelę).

6 lentelė. Kirpimų kainos

	Paslaugos kaina (patyrusių darbuotojų)	Paslaugos kaina (naujų darbuotojų)	Minimalus poreikis, paslaugų skaičius
Moterų kirpimas	56 €	48 €	480
Vyrų kirpimas	28 €	22 €	560
Daugiausia paslaugų	600	512	

SPRENDIMAS. Šiuo atveju turime keturis kintamuosius:

x_{11} – patyrusių darbuotojų moterims suteiktų paslaugų vertė eurai.

x_{12} – nepatyrusių darbuotojų moterims suteiktų paslaugų vertė eurai.

x_{21} – patyrusių darbuotojų vyrams suteiktų paslaugų vertė eurai.

x_{22} – nepatyrusių darbuotojų vyrams suteiktų paslaugų vertė eurai.

Sudaroma tikslo funkcija: $\max Z = 56 \cdot x_{11} + 48 \cdot x_{12} + 28 \cdot x_{21} + 22 \cdot x_{22}$.

Šią funkciją riboja minimalus klientų poreikis ir darbuotojų siūlomas maksimalus kirpimų per tam tikrą laikotarpį skaičius:

$x_{11} + x_{12} \geq 480$, minimalaus apkirptų moterų skaičiaus ribojimas.

$x_{21} + x_{22} \geq 560$, minimalaus apkirptų vyrų skaičiaus ribojimas.

$x_{11} + x_{21} \leq 600$, maksimalaus profesionalių kirpimų skaičiaus ribojimas.

$x_{12} + x_{22} \leq 512$, maksimalaus nepatyrusių darbuotojų atliktų kirpimų skaičiaus ribojimas.

$x_{11}, x_{12}, x_{21}, x_{22} \geq 0$, nes kintamieji negali būti neigiami skaičiai.

Sprendinys randamas taikant kompiuterizuotas paramos sistemas.

ATSAKYMAS. $x_{11} - 552, x_{12} - 0, x_{21} - 48, x_{22} - 512$.

$\max Z = 56 \cdot 552 + 48 \cdot 0 + 28 \cdot 48 + 22 \cdot 512 = 43\,520$ €.

IŠVADOS IR INTERPRETACIJA. Taigi išsprendus lygtis paaiškėja, kad didžiausias pelnas (tiksliau, grožio salono apyvarta dar neatskaičiavus visų mokesčių ir pan.) yra 43 560 eurų. Profesionalūs seniai dirbantys kirpėjai turėtų apkirpti 552 moteris ir 48 vyrus, o nauji kirpėjai turėtų apkirpti 512 vyrų ir nė vienos moters, kad būtų patenkintas minimalus poreikis ir gautas maksimalus įmanomas pelnas. Tai vienintelis sprendinys, tinkamas sudarant darbuotojams darbo planą atsižvelgiant į jų gebėjimus. Šis pavyzdys puikiai parodo, kaip galima veiksmingai apskaičiuoti kiekvieno darbuotojo individualaus darbo apimtį. Tai žinant, galima diegti atskiros mokėjimo sistemas. Tokios sistemos darbuotojams patinka, nes kuo efektyviau jie dirba, kuo daugiau užduočių atlieka, tuo didesnis būna jų uždarbis. Vertinant iš darbdavio pozicijų: kuo daugiau užduočių atlikta per tą patį laiką ir ta pačia įranga, tuo žemesnė pagaminto produkcijos vieneto savikaina, tuo didesnis pelnas.

7 pavyzdys. Optimalus logistikos įmonės krovimo darbų planavimas

Transporto ir logistikos paslaugas teikiančių įmonių pagrindiniai tikslai – greitai reaguoti į kintančią aplinką, tobulinti savo pajėgumus siekiant pirmauti ir užtikrinti aukščiausią paslaugų kokybę. Dažniausiai tokio pobūdžio įmonės teikia šias paslaugas: gabenimo, sandėliavimo ir muitinės tarpininko. Klientas gali užsisakyti transportą kroviniams atgabenti, sandėliuoti ir išgabenti į bet kurią Europos šalį, Rusiją ir Baltarusiją. Įmonė siūlo sandėliuoti krovinius ne tik komerciniame, bet ir muitinės prižiūrimame sandėlyje ir čia pat pasinaudoti muitinės tarpininko paslaugomis. Įmonėms visada aktualu plėsti savo veiklą ir ieškoti naujų klientų.

SPRENDIMO DALYVIAI. Transporto ir logistikos paslaugas teikiančioje įmonėje dirba 20 darbuotojų. Pagrindinius vadybos klausimus sprendžia transporto ir logistikos vadybininkai. Įmonė bendradarbiauja su kitomis įmonėmis ir klientais, todėl vadybininkai turi suderinti sandėliavimo ir muitinės paslaugų įkainius, užtikrinti visas

reikalingas procedūras, įvertinti krovimo darbus. Sprendimo dalyviai yra transporto ir logistikos vadybininkai ir direktoriai, partneriai ir klientų vadybininkai.

PROBLEMOS TURINYS. Šiuo metu įmonė pradeda bendradarbiauti su dviem naujais klientais. Vienas jų iš Baltarusijos veža padangas automobiliams, kitas jūra plukdo krovinius į Latviją. Abi įmonės gabena krovinius, kuriems taikomas muitas, o jų tikslas – atgabenti juos į Lietuvą, kurį laiką saugoti Lietuvos muitinės prižiūrimame sandėlyje, kol bus išgabenti toliau arba bus atlikta paleidimo į laisvą apyvartą procedūra. Taigi įmonė teiks sandėliavimo ir muitinės tarpininko paslaugas. Naujiems klientams pateikti standartiniai krovimo, sandėliavimo ir muitinės tarpininkų paslaugų įkainiai. Pradiniam derybų etape buvo aišku, kad pagal numanomą krovinių srautą muitinės sandėlyje vietos bus pakankamai, o muitinės tarpininkai taip pat bus pajėgūs atlikti visas reikalingas procedūras, tačiau krovimo darbus sunku įvertinti. Taigi nutarta iš pradžių sulaukti pirmųjų krovinių ir atlikti vidinę įmonės ir klientų analizę ir tik tada nuspręsti, kokią srautą krovinių įmonė yra pasirengusi priimti.

SPRENDIMO TIKSLAS. Transporto ir logistikos paslaugas teikianti įmonė nori parengti tinkamiausią transporto ir krovimo darbų planą, tai yra nustatyti, kiek automobilių per savaitę sandėlio darbuotojai pajėgūs priimti maksimaliai išnaudodami darbo laiką ir patenkinti naujų klientų poreikius, gauti didžiausias galimas pajamas.

PRADINIAI DUOMENYS. Šiuo metu transporto ir logistikos paslaugas teikiančios įmonės sandėlyje dirba 15 žmonių, yra aštuonios krovimo rampos. Riboti techniniai ištekliai labiausiai riboja sandėlio darbo galimybes. Naujų klientų kroviniams priimti sandėlis gali skirti vieną rampą ir tris žmones, taigi negalima vienu metu priimti abiejų klientų krovinių. Nė vienas naujas klientas nežada pakankamai didelio krovinių srauto, todėl reikia išlaikyti juos abu, nė vienam neteikti pirmenybės. Klientai sutinka suderinti išankstinį savaitės vežimų planą, nurodyti, kuriomis dienomis kiek automobilių bus atsiųsta iškrauti.

Norint tai išsiaiškinti, geriausia taikyti tiesinio programavimo modelį. Sulaukus pirmųjų krovinių paaikškėjo, kad abu klientai veža krovinius standartinėmis tentinėmis puspriekabėmis, t. y. 13,6 m ilgio, 2,45–2,5 m pločio ir iki 2,78 m aukščio. Iš Latvijos kroviniai atvežami ant padėklų, į vieną automobilį telpa 33 padėklai. Už vieno padėklo iškrovimą pagal standartinį įmonės kainininką mokama 10 eurų, taigi iškrovimo kaina – 330 eurų. Trys žmonės šį darbą atlieka per pusantros valandos. Į šį laiką įskaičiuotas ir krovinių atpažinimo dokumentų tvarkymas, nes kroviniai yra rinktiniai. Padangas sukrauti sudėtingiau. Į vieną puspriekabę telpa apie 1 000 padangų, kurių svoris – apie 12 tonų. Padangų krovimo kaina yra 80 eurų už toną, taigi vidutiniškai už krovimą klientas sumoka 960 eurų. Šį darbą trys sandėlio darbuotojai atlieka per septynias valandas. Sandėlio darbuotojai negali dirbti daugiau nei 45 valandas per savaitę. Žinoma, kad klientas iš Latvijos pageidauja iškrauti mažiausiai aštuonis automobilius per savaitę. Taigi per savaitę turėtų susidaryti mažiausiai keturi reisai, tačiau klientas perspėja, kad negali pasiūlyti daugiau nei šešiis reisais.

SPRENDIMAS. Pirmiausia reikia nustatyti kintamųjų sąrašą X_n ; čia X yra su kroviniais atvykusių automobilių skaičius, o n – sveikieji skaičiai. Šiuo atveju X_1 yra padangas atvežusių automobilių skaičius, o X_2 – iš Latvijos krovinius su padėklais atvežusių automobilių skaičius. Taigi tikslo funkcija atrodo taip:

$$L = 960X_1 + 330X_2 \rightarrow \text{MAX}$$

Tikslo funkcijai optimizuoti būtina susidaryti ribines funkcijas, kurias turėtų tenkinti kintamieji. Šiuo atveju iš Latvijos atvažiuojančių krovinių negali būti mažiau nei aštuoni automobiliai, o padangų – ne mažiau kaip keturi ir ne daugiau kaip šeši automobiliai.

$$\begin{aligned} X_2 &\geq 8, && \text{krovinius su padėklais vežusių automobilių skaičius;} \\ 4 \leq X_1 &< 6, && \text{padangas vežusių automobilių skaičius.} \end{aligned}$$

Laiko ribojimo lygtis:

$$7X_1 + 1,5X_2 \leq 45, \quad \text{darbo laiko ribojimas.}$$

Sprendinys randamas taikant kompiuterizuotas paramos sistemas, padedančias gauti tikslius atsakymus.

ATSAKYMAS. $X_1 = 4$, $X_2 = 11$, $P(X) = 7\,470$ €.

IŠVADOS IR INTERPRETACIJA. Taigi išsprendę lygtį įmonės direktorius ir sandėlio vadovas apskaičiavo, kad padangas vežančiam klientui gali pasiūlyti priimti keturis automobilius per savaitę, o krovinius su padėklais vežančiam klientui – 11 automobilių per savaitę. Tokiu atveju pajamos už krovimo darbus siektų 7 470 eurų. Šis skaičiavimas parodė, kad ateityje planuojant krovimo darbus didesnio pelno galima tikėtis iš su padėklais atvežtų krovinių.

2.2. METODAS: TIESINIS PROGRAMAVIMAS TRANSPORTO MARŠRUTŲ SUDARYMO UŽDAVINIAMS SPREŠTI

Tam tikras tiesinio programavimo sprendimo būdas yra pritaikytas transporto maršrutų sudarymo uždaviniams spresti. Transporto maršrutų sudarymo uždaviniai yra plačiai nagrinėjama problema, kuria domisi algoritmų tyrėjai¹⁰. Sudarant transporto maršrutus galimi tam tikri ribojimai. Įvairūs transporto maršrutų sudarymo uždaviniai grupuojami atsižvelgiant į ribojimus. Dažniausiai pasitaiko tokio pobūdžio transporto maršrutų sudarymo uždaviniai: a) talpos ribojimai, kai yra ribota transporto priemonių talpa; b) laiko ribojimai, kai klientai gali būti aptarnaujami tik nustatytu metu; c) punktų ribojimai, kai yra nustatyti punktai, iš kurių klientams gali būti pristatytos prekės, apibrėžiamos sąlygos surinkti prekes iš vienu vietų ir pristatyti į kitas¹¹. Vis daugiau logistikos įmonių stengiasi pasinaudoti technologijomis, kad galėtų geriau organizuoti prekių gabenimą. Sėkmingai sudaryti krovinių gabenimo maršrutai yra vienas iš būdų mažinti gabenimo išlaidas. Rasti trumpiausią kelią svarbu,

¹⁰ VAIRA, G. Genetinis algoritmas transporto maršrutų sudarymo uždaviniams spresti. Daktaro disertacija. Vilnius: Vilniaus universitetas, 2014.

¹¹ *Ibid.*

kai kalbama apie transporto maršrutų sudarymo uždavinius, apimančius ir kelių tinklą¹². Bendruoju transporto maršrutų sudarymo uždaviniu¹³ vadinamas toks tiesinio programavimo uždavinys:

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_j, \quad 4 \text{ formulė}$$

$$\text{kai} \begin{cases} \sum_{j=1}^n x_j \leq s_i, \quad i = 1, 2, \dots, m; \\ \sum_{i=1}^m x_j \geq p_j, \quad j = 1, 2, \dots, n; \\ x_j \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n. \end{cases}$$

TAIKYMO PAVYZDŽIAI

8 pavyzdys. Tinkamiausias vienkartinis prekių ikimokyklinio ugdymo įstaigai gabenimo planas

Ikimokyklinio ugdymo įstaiga įgyvendina specialią emocinio intelekto ugdymo programą. Ši programa moko vaikus įvardyti ir kontroliuoti savo jausmus, tinkamai parinkti balso toną, kūno kalbą, gerbti save ir aplinkinius. Darželis įsteigtas 2010 metais, jame dirbama su trijų grupių vaikais. Grupės sudaromos vaikus skirstant pagal amžių. „Mažyliai“, t. y. jauniausi vaikai, nuo vienerių metų. „Šnekučiai“ – jau kalbėti pramokę pasaulio tyrinėtojai, nuo dvejų metų. „Sodiečiai“ – vyriausi vaikai: nuo trejų metų iki pirmos klasės.

PROBLEMOS TURINYS. Darželiai yra trijuose Lietuvos miestuose: Kaune, Klaipėdoje ir Vilniuje. Kaune ir Klaipėdoje darželių yra po

¹² ALVARENGA, G. B.; DE A. SILVA, R. M.; SAMPAIO, R. M. A Hybrid Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Time Window. INFOCOMP Journal of Computer Science, 2005, vol. 4 (2).

¹³ BATARLIENĖ, N. Transporto uždavinių matematinis modeliavimas. Vilnius: Technika, 2000.

vieną, o Vilniuje įsteigti penki darželiai. Kiekvienas Vilniaus miesto darželio filialas užsako tam tikrą skaičių reikalingų stalų (žr. 7 lentelę). Kiekviename darželyje samdomi vairuotojai, kurie, be vaikų pavėžėjimų ir dalykinių kelionių į įvairias Vilniaus miesto vietas, turi suderinti savo kelionių grafikus ir reikalingų daiktų vežimo į darželį planus.

SPRENDIMO TIKSLAS. Mažiausiomis sąnaudomis iš trijų sandėlių pristatyti visus stalus į visus penkis Vilniaus darželius.

PRADINIAI DUOMENYS. Šiuo konkrečiu atveju darželiams trūksta stalų, kuriuos įsigijo iš Vilniuje įsikūrusios įstaigos. Jau yra nupirkta 90 stalų, vieneto kaina yra 21 euras. Stalus galima pasiimti iš trijų sandėlių Vilniuje. Vadovaujantis laiko ir finansų vadyba, rastas geriausias maršrutas, kad stalų atsivežimo išlaidos būtų minimalios. Stalus į visus darželio filialus turės pristatyti paskirtas vairuotojas. Tai turės padaryti vieno darželio vairuotojas. Jam už tai bus papildomai sumokėta, nes jis turės pasirūpinti didelės transporto priemonės nuoma ir stalų pristatymu iš trijų sandėlių.

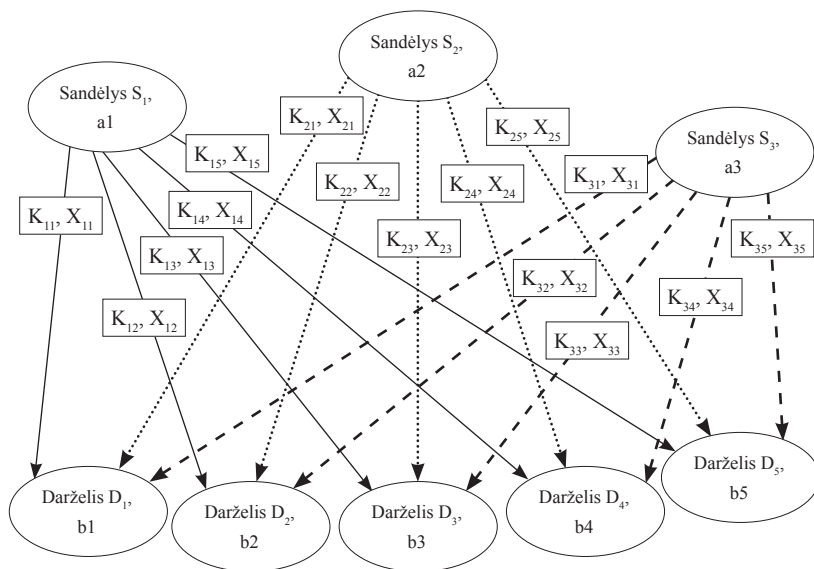
Šį uždavinį būtina spręsti, nes stalams pristatyti į visus darželius skirti 275 eurai. Į šią sumą įskaičiuojama ne tik stalų gabenimo kaina, bet ir didesnės transporto priemonės nuoma, kuri kainuoja apie 58 eurus per parą. Vadinasi, optimalaus transporto plano sprendinys turi tam tikrą ribojimą: už stalų gabenimą į darželius galima sumokėti ne daugiau kaip 217 eurų.

7 lentelė. Kintamųjų duomenys

Kintamieji	Žymėjimas
Sandėliai	S_1, S_2, S_3
Darželiai	D_1, D_2, D_3, D_4, D_5
Stalų atsargos trijuose sandėliuose	$a_1 = 20, a_2 = 30, a_3 = 35$
Paraiškos*	$b_1 = 10, b_2 = 10, b_3 = 20, b_4 = 25, b_5 = 20$

* – paraiškos, kurias pateikė kiekvienas darželis, reikiamam stalų skaičiui gauti

Reikia apskaičiuoti, kiek kainuos kiekvieno stalo atgabenimas iš sandėlio į darželius, be to, reikia sudaryti stalų pristatymo planą, nurodyti, iš kurio sandėlio, kuriam darželiui ir kiek reikia atvežti stalų, kad vežimo išlaidos būtų minimalios ir, žinoma, neviršytų gabenimui skirtą biudžetą (žr. 3 paveikslą).



3 pav. Galimi stalų pristatymo variantai

Iš viso yra 15 kelių. Kiekvieno gabenimo kaina (C_{ij}) kinta atsižvelgiant į tai, kokių kelių stalai gabenami. Darželiai yra skirtingose vietose, todėl vieno stalo gabenimo kaina (eurais) lygi:

$$\begin{aligned}
 \text{—————} &\rightarrow K_{11} = 4 \text{ €}; \quad K_{12} = 3 \text{ €}; \quad K_{13} = 2 \text{ €}; \quad K_{14} = 3,5 \text{ €}; \quad K_{15} = 4 \text{ €}. \\
 \text{.....} &\rightarrow K_{21} = 3,5 \text{ €}; \quad K_{22} = 2,8 \text{ €}; \quad K_{23} = 2,5 \text{ €}; \quad K_{24} = 2,5 \text{ €}; \quad K_{25} = 2,5 \text{ €}. \\
 \text{-----} &\rightarrow K_{31} = 4 \text{ €}; \quad K_{32} = 3,5 \text{ €}; \quad K_{33} = 2,5 \text{ €}; \quad K_{34} = 2 \text{ €}; \quad K_{35} = 2,3 \text{ €}.
 \end{aligned}$$

SPRENDIMAS. Stalų kiekį, gabenamą iš kiekvieno sandėlio kiekvienam darželiui, pažymėjus X_{ij} , gabenimo plane atsiranda 15 kintamųjų. Sprendžiant uždavinį būtina įvardyti tokius kintamuosius, kaip kiekvienu keliu gabenamų stalų skaičius:

$$\begin{aligned}
&X_{11} - K_{11} \text{ keliu gabenamų stalų skaičius.} \\
&X_{12} - K_{12} \text{ keliu gabenamų stalų skaičius.} \\
&X_{13} - K_{13} \text{ keliu gabenamų stalų skaičius.} \\
&X_{14} - K_{14} \text{ keliu gabenamų stalų skaičius.} \\
&X_{15} - K_{15} \text{ keliu gabenamų stalų skaičius.} \\
&X_{21} - K_{21} \text{ keliu gabenamų stalų skaičius.} \\
&X_{22} - K_{22} \text{ keliu gabenamų stalų skaičius.} \\
&X_{23} - K_{23} \text{ keliu gabenamų stalų skaičius.} \\
&X_{24} - K_{24} \text{ keliu gabenamų stalų skaičius.} \\
&X_{25} - K_{25} \text{ keliu gabenamų stalų skaičius.} \\
&X_{31} - K_{31} \text{ keliu gabenamų stalų skaičius.} \\
&X_{32} - K_{32} \text{ keliu gabenamų stalų skaičius.} \\
&X_{33} - K_{33} \text{ keliu gabenamų stalų skaičius.} \\
&X_{34} - K_{34} \text{ keliu gabenamų stalų skaičius.} \\
&X_{35} - K_{35} \text{ keliu gabenamų stalų skaičius.}
\end{aligned}$$

Turi būti sudarytos ribinės sąlygos (funkcijos), kurias turėtų atitikti ieškomi kintamieji ($X_{11} \dots, X_{35}$). Ribinės lygtys dažniausiai sudaromos išteklių kiekiams nustatyti. Šiuo atveju yra tiek atsargų, tiek paraiškų ribojimai.

$$\sum_{i=1}^3 X_{ij} \quad 5 \text{ formulė}$$

Čia formulė taikoma atsargoms. Bendras stalų kiekis, paimtas iš kiekvieno sandėlio, neturi viršyti ten esančio kiekio.

$$\begin{aligned}
X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} &\leq 20 \quad - \text{sandėlyje } S_1 \text{ esantis kiekis.} \\
X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} &\leq 35 \quad - \text{sandėlyje } S_2 \text{ esantis kiekis.} \\
X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} &\leq 35 \quad - \text{sandėlyje } S_3 \text{ esantis kiekis.}
\end{aligned}$$

$$\sum_{i=1}^5 X_{ij} \quad 6 \text{ formulė}$$

Čia formulė taikoma darželių teikiamoms stalų tiekimo paraiškoms.

$$\begin{aligned}
X_{11} + X_{21} + X_{31} &= 10 \quad - \text{darželiui } D_1 \text{ reikalingas stalų kiekis.} \\
X_{12} + X_{22} + X_{32} &= 10 \quad - \text{darželiui } D_2 \text{ reikalingas stalų kiekis.} \\
X_{13} + X_{23} + X_{33} &= 20 \quad - \text{darželiui } D_3 \text{ reikalingas stalų kiekis.} \\
X_{14} + X_{24} + X_{34} &= 25 \quad - \text{darželiui } D_4 \text{ reikalingas stalų kiekis.} \\
X_{15} + X_{25} + X_{35} &= 25 \quad - \text{darželiui } D_5 \text{ reikalingas stalų kiekis.}
\end{aligned}$$

Žinant ribines sąlygas, kiek kiekviename sandėlyje yra stalų ir kiek kiekvienam darželiui jų reikia, taip pat gabenimo kiekvienu keliu sąnaudas galima sumažinti kainą:

$$\min L = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 c_{ij} \cdot x_{ij} \quad 7 \text{ formulė}$$

Mūsų tikslo funkcija, t. y. gabenimo kaina, kurią reikia sumažinti:

$$\begin{aligned} \min L = & 4 \text{ €} \cdot X_{11} + 3 \text{ €} \cdot X_{12} + 2 \text{ €} \cdot X_{13} + 3,5 \text{ €} \cdot X_{14} + 4 \text{ €} \cdot X_{15} + 3,5 \text{ €} \cdot X_{21} + \\ & 2,8 \text{ €} \cdot X_{22} + 2,5 \text{ €} \cdot X_{23} + 2,5 \text{ €} \cdot X_{24} + 2,5 \text{ €} \cdot X_{25} + 4 \text{ €} \cdot X_{31} + 3,5 \text{ €} \cdot X_{32} + \\ & 2,5 \text{ €} \cdot X_{33} + 2 \text{ €} \cdot X_{34} + 2,3 \text{ €} \cdot X_{35}. \end{aligned}$$

Bet koks gabenimo planas yra tinkamas, jeigu įvykdytos visos ribinės sąlygos. Bus ieškoma tinkamiausio gabenimo plano, kad bendroji krovinų gabenimo kaina būtų mažiausia. Bendruoju atveju sudaroma lentelė, kurios kiekvieno langelio viršutiniame kampe nurodoma vieno krovinio gabenimo (C_{ij}) iš sandėlio S_i į darželį D_j kaina (žr. 8 lentelę). Kiekvieno langelio viduryje užrašomas gabenamo krovinio kiekis X_{ij} . Jis turi atitikti šias sąlygas:

1. Gabenamų prekių kiekis kiekvienoje eilutėje turi atitikti sandėlio atsargų kiekį.
2. Visas gabenimų skaičius kiekviename stulpelyje turi būti lygus paraiškų sumai.
3. Atsargų kiekis paskutiniame stulpelyje turi būti lygus paskutinėje eilutėje nurodytai paraiškų sumai.

8 lentelė. Gabenimo duomenų lentelė

Sandėliai	Darželiai					Atsargos (a_i)
	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	
S_1	4 €	3 €	2 €	3,5 €	4 €	20
S_2	3,5 €	2,8 €	2,5 €	2,5 €	2,5 €	30
S_3	4 €	2 €	2,5 €	2 €	2,3 €	35
Paraiškos (b_j)	10	10	20	25	20	(a_i) 90 = (b_j) 90

Toliau sudaromas atraminis planas, kuris tobulinamas, kol bus rastas geriausias šio uždavinio sprendinys. Uždavinys pradedamas spresti ieškant atraminio sprendinio „šiaurės vakarų kampo“ metodu (žr. 9 lentelę). Darželis D_1 užsisakė 10 stalų. Šį užsakymą būtų galima pargabenti iš sandėlio S_1 . Darželis D_2 taip pat užsisakė 10 stalų, juos irgi būtų galima pargabenti iš sandėlio S_1 . Trečiasis darželis D_3 pateikė paraišką 20 stalų. Juos būtų galima pargabenti iš sandėlio S_2 , nes sandėlio S_1 atsargos jau būtų pasibaigusios. Darželis D_4 užsisakė 25 stalus, juos būtų galima pargabenti iš sandėlių S_2 ir S_3 . Penktasis darželis D_5 pateikė paraišką 25 stalams gauti. Jie irgi vežami iš sandėlių S_2 ir S_3 , kurie dar turi reikalingą stalų kiekį. Paskirsčius stalus matyti, kad kiekvienas darželis gautų tiek stalų, kiek užsisakė. Taigi vežimo planas jau sudarytas, tačiau šis sprendinys laikomas atraminiu.

9 lentelė. Atraminis sprendinys

Sandėliai	Darželiai					Atsargos (a_i)
	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	
S_1	4 € 10	3 € 10	2 €	3,5 €	4 €	20
S_2	3,5 €	2,8 €	2,5 € 20	2,5 € 10	2,5 €	30
S_3	4 €	2 €	2,5 €	2 € 15	2,3 € 20	35
Paraiškos (b_j)	10	10	20	25	20	(a_i) 90 = (b_j) 90

Darželių paraiškas ir sandėlių atsargas atitinkančius stalų kiekius paskirsčius vienetais, „šiaurės vakarų kampo“ metodu galima apskaičiuoti atraminio sprendinio kainą:

$$L_1 = 10 \cdot 4 + 10 \cdot 3 + 20 \cdot 2,5 + 10 \cdot 2,5 + 15 \cdot 2 + 20 \cdot 2,3 = 221 \text{ €},$$

pradinė kaina, jei stalai gabenami „šiaurės vakarų kampo“ metodu.

Šis sprendinys nėra tinkamiausias, nes neatkreiptas dėmesys į stalų gabenimo kainas C_{ij} , be to, viršija biudžetą. Šį sprendinį būtų galima patobulinti perkeltiant stalų skaičių, pavyzdžiui, kad pirmajam darželiui D_1 10 stalų būtų galima atvežti iš sandėlio S_2 , o darželiui D_3 – iš sandėlių

2. GERIAUSIAS PASIRINKIMAS

S_1 ir S_2 . Darželis D_2 status gautų iš sandėlio S_1 , o darželis D_5 – iš sandėlio S_3 , kad nebūtų pažeistos ribinės sąlygos (toliau žr. 10 lentelę).

10 lentelė. Naujas gabenimo ciklas

Sandėliai	Darželiai					Atsargos (a_i)
	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	
S_1	4 € 10	3 € 10	2 €	3,5 €	4 €	20
S_2	3,5 € 1	2,8 €	2,5 € 20	2,5 € 10	2,5 €	30
S_3	4 €	2 €	2,5 €	2 € 15	2,3 € 20	35
Paraiškos (b_j)	10	10	20	25	20	(a_i) 90 = (b_j) 90

Buvo sudarytas pirmasis prekių keitimo ciklas, todėl galima apskaičiuoti jo kainą toliau nurodyta tvarka užpildant grafas:

Pirmasis ciklas $\gamma = -4 \text{ €} + 3,5 \text{ €} - 2,5 \text{ €} + 2 \text{ €} = -1 \text{ €}$ pirmojo ciklo kaina

Toliau žr. 11 lentelę.

11 lentelė. Gabenimas baigus vieną ciklą

Sandėliai	Darželiai					Atsargos (a_i)
	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	
S_1	4 €	3 € 10	2 € 10	3,5 €	4 €	20
S_2	3,5 € 10	2,8 €	2,5 € 10	2,5 € 10	2,5 €	30
S_3	4 €	2 €	2,5 €	2 € 15	2,3 € 20	35
Paraiškos (b_j)	10	10	20	25	20	(a_i) 90 = (b_j) 90

Naujo sprendinio kaina būtų 10 eurų mažesnė, palyginti su atraminio sprendinio rezultatu.

$$L_2 = 221 + (10 \cdot (-1)) = 211 \text{ €}$$

$$L_2 = 10 \cdot 3,5 + 10 \cdot 3 + 10 \cdot 2 + 10 \cdot 2,5 + 10 \cdot 2,5 + 15 \cdot 2 + 20 \cdot 2,3 = 211 \text{ €}$$

Toliau žr. 12 lentelę.

12 lentelė. Antrasis gabenimo ciklas

Sandėliai	Darželiai					Atsargos (a_i)
	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	
S_1	4 €	3 €	2 €	3,5 €	4 €	20
S_2	3,5 € 10	2,8 € 10	2,5 € 10	2,5 € 10	2,5 €	30
S_3	4 €	2 €	2,5 €	2 € 15	2,3 € 20	35
Paraiškos (b_j)	10	10	20	25	20	(a_i) 90 = (b_j) 90

Sudaromas antrasis ciklas, apskaičiuojama jo kaina:

Antrasis ciklas $\gamma = -3 \text{ €} + 2,8 \text{ €} - 2,5 \text{ €} + 2 \text{ €} = -0,7 \text{ €}$ antrojo ciklo kaina

Toliau žr. 13 lentelę.

13 lentelė. Naujas gabenimo planas

Sandėliai	Darželiai					Atsargos (a_i)
	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	
S_1	4 €	3 €	2 € 20	3,5 €	4 €	20
S_2	3,5 € 10	2,8 € 10	2,5 €	2,5 € 10	2,5 €	30
S_3	4 €	2 €	2,5 €	2 € 15	2,3 € 20	35
Paraiškos (b_j)	10	10	20	25	20	(a_i) 90 = (b_j) 90

Naujo sprendinio kaina būtų 7 eurai mažesnė, palyginti su atraminio sprendinio rezultatu:

$$L_3 = 211 \text{ €} + (10 \cdot (-0,7 \text{ €})) = 204 \text{ €}$$

$$L_3 = 10 \cdot 3,5 \text{ €} + 10 \cdot 2,8 \text{ €} + 20 \cdot 2 \text{ €} + 10 \cdot 2,5 \text{ €} + 15 \cdot 2 \text{ €} + 20 \cdot 2,3 \text{ €} = 204 \text{ €}$$

Baigtas dar vienas prekių keitimo ciklas. Toliau ieškoma tinkamiausio sprendinio ir sudaromas kitas prekių keitimo ciklas.

Toliau žr. 14 lentelę.

14 lentelė. Trečiasis prekių keitimo ciklas

Sandėliai	Darželiai					Atsargos (a_i)
	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	
S_1	4 €	3 €	2 € 20	3,5 €	4 €	20
S_2	3,5 € 10	2,8 € 10	2,5 €	2,5 € 10	2,5 € ③	30
S_3	4 €	2 €	2,5 €	2 € 15	2,3 € 20	35
Paraiškos (b_j)	10	10	20	25	20	(a_i) 90 = (b_j) 90

Sudaromas trečiasis ciklas, užpildžius tris grafas apskaičiuojama jo kaina:

Trečiasis ciklas $\gamma = -2,5 \text{ €} + 2 \text{ €} - 2,3 \text{ €} + 2,5 \text{ €} = -0,3 \text{ €}$ trečiojo ciklo kaina

Toliau žr. 15 lentelę.

15 lentelė. Gabenimo planas po trečiojo ciklo

Sandėliai	Darželiai					Atsargos (a_i)
	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	
S_1	4 €	3 €	2 € 20	3,5 €	4 €	20
S_2	3,5 € 10	2,8 € 10	2,5 €	2,5 €	2,5 € 10	30
S_3	4 €	2 €	2,5 €	2 € 25	2,3 € 10	35
Paraiškos (b_j)	10	10	20	25	20	(a_i) 90 = (b_j) 90

Naujo sprendinio kaina būtų 3 eurai mažesnė, palyginti su atraminio sprendinio rezultatu.

$$L_4 = 204 + (10 \cdot (-0,3)) = 201 \text{ €}$$

$$L_4 = 10 \cdot 3,5 + 10 \cdot 2,8 + 20 \cdot 2 + 25 \cdot 2 + 10 \cdot 2,5 + 10 \cdot 2,3 = 201 \text{ €}$$

Taip būtų baigtas dar vienas prekių keitimo ciklas, tačiau to dar negalima vadinti geriausiu planu.

Toliau žr. 16 lentelę.

16 lentelė. Ketvirtasis gabenimo ciklas

Sandėliai	Darželiai					Atsargos (a_i)
	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	
S_1	4 €	3 €	2 € 20	3,5 €	4 €	20
S_2	3,5 € 10	2,8 € 10	2,5 € 4	2,5 € 10	2,5 € 10	30
S_3	4 €	2 €	2,5 €	2 € 25	2,3 € 10	35
Paraiškos (b_j)	10	10	20	25	20	(a_i) 90 = (b_j) 90

Sudaromas ketvirtasis ciklas, apskaičiuojama jo kaina:

Ketvirtasis ciklas $\gamma = -2,8 \text{ €} + 2 \text{ €} - 2 \text{ €} + 2,5 \text{ €} = -0,3 \text{ €}$ ketvirtojo ciklo kaina

Toliau žr. 17 lentelę.

17 lentelė. Ketvirtasis gabenimo planas

Sandėliai	Darželiai					Atsargos (a_i)
	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	
S_1	4 €	3 €	2 € 20	3,5 €	4 €	20
S_2	3,5 € 10	2,8 €	2,5 €	2,5 € 10	2,5 € 10	30
S_3	4 €	2 € 10	2,5 €	2 € 15	2,3 € 10	35
Paraiškos (b_j)	10	10	20	25	20	(a_i) 90 = (b_j) 90

Naujo sprendinio kaina būtų 3 eurai mažesnė, palyginti su atraminio sprendinio rezultatu.

$$L_5 = 201 \text{ €} + (10 \cdot (-0,3)) = 198 \text{ €}$$

$$L_5 = 10 \cdot 3,5 + 10 \cdot 2 + 20 \cdot 2 + 10 \cdot 2,5 + 15 \cdot 2 + 10 \cdot 2,5 + 10 \cdot 2,3 = 198 \text{ €}$$

Baigtas kitas prekių keitimo ciklas. Toliau ieškoma geriausio plano.

Toliau žr. 18 lentelę.

18 lentelė. Penktasis gabenimo ciklas

Sandėliai	Darželiai					Atsargos (a _i)
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	
S ₁	4 €	3 €	2 € 20	3,5 €	4 €	20
S ₂	3,5 € 10	2,8 €	2,5 €	2,5 € 10	2,5 € 10	30
S ₃	4 €	2 € 10	2,5 €	2 € 15	2,3 € 10	35
Paraiškos (b _j)	10	10	20	25	20	(a _i) 90 = (b _j) 90

Sudaromas penktasis ciklas, apskaičiuojama jo kaina:

Penktasis ciklas $\gamma = -2,5 \text{ €} + 2 \text{ €} - 2,3 \text{ €} + 2,5 \text{ €} = -0,3 \text{ €}$ **penktojo ciklo kaina**

Toliau žr. 19 lentelę.

19 lentelė. Penktasis gabenimo planas

Sandėliai	Darželiai					Atsargos (a _i)
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	
S ₁	4 €	3 €	2 € 20	3,5 €	4 €	20
S ₂	3,5 € 10	2,8 €	2,5 €	2,5 € 20	2,5 € 20	30
S ₃	4 €	2 € 10	2,5 €	2 € 25	2,3 €	35
Paraiškos (b _j)	10	10	20	25	20	(a _i) 90 = (b _j) 90

Naujo sprendinio kaina būtų 3 eurai mažesnė, palyginti su atraminio sprendinio rezultatu.

$$L_6 = 198 + (10 \cdot (-0,3)) = 195 \text{ €}$$

$$L_6 = 10 \cdot 3,5 + 10 \cdot 2 + 20 \cdot 2 + 25 \cdot 2 + 20 \cdot 2,5 = 195 \text{ €}$$

Jei neigiama gama rodo, kad dar yra sprendinių, o teigiama, kad maršrutas atmetamas kaip nenaudingas, 0 lygi ciklo kaina rodo, kad tai yra geriausias uždavinio sprendinys, kurio ieškota. Būtina įsitikinti, kad visi kiti ciklai turi neneigiamą kainos vertę. Taigi geriausias sprendinys:

$$L_{min} = 195 \text{ €}$$

$$X_{11} = X_{12} = X_{14} = X_{15} = X_{22} = X_{23} = X_{24} = X_{31} = X_{33} = X_{35} = 0$$

$$X_{13} = 20 \text{ } X_{21} = 10 \text{ } X_{25} = 20 \text{ } X_{32} = 10 \text{ } X_{34} = 25$$

Atraminio sprendinio kaina buvo 221 euras, taigi rastas geriausias sprendinys 195 eurai už pirmąjį atraminį sprendinį mažesnis 26 eurai.

ALTERNATYVOS. Alternatyva galima laikyti vieną iš galimų sprendinių, kurį pasirinkus tikroji situacijos būseną pakeičiama į pageidaujamą, todėl šio konkretaus uždavinio alternatyvos yra stalų gabenimo iš sandėlių į darželius sprendiniai. Taigi, be atraminio sprendinio, šiuo konkrečiu atveju pritaikyti penki sprendiniai, kol rasta geriausią pervežimo planą atitinkanti kaina, todėl uždavinys turi penkias alternatyvas. Alternatyvūs sprendiniai tarpusavyje skyrėsi, bet visi kartu apibrėžė, kaip sprendžiamas uždavinys, kiekvienas atitiko keltus tikslus – ieškoti mažiausių sąnaudų reikalaujančio plano. Kita vertus, sprendiniai mažėjo, nes skyrėsi kiekvieno sprendinio ciklo kainos. Tai įrodo, kad kiekviena alternatyva keitė tikrąją situacijos būseną į pageidaujamą tam tikru momentu mažinant sumas ir atliekant pakeitimus. Uždavinio alternatyvų sąrašas yra toks:

$$L_1 = 10 \cdot 4 \text{ €} + 10 \cdot 3 \text{ €} + 20 \cdot 2,5 \text{ €} + 10 \cdot 2,5 \text{ €} + 15 \cdot 2 \text{ €} + 20 \cdot 2,3 \text{ €} = 221 \text{ €}$$

$$L_2 = 10 \cdot 3,5 \text{ €} + 10 \cdot 3 \text{ €} + 10 \cdot 2 \text{ €} + 10 \cdot 2,5 \text{ €} + 10 \cdot 2,5 \text{ €} + 15 \cdot 2 \text{ €} + 20 \cdot 2,3 \text{ €} = 211 \text{ €}$$

$$L_3 = 10 \cdot 3,5 \text{ €} + 10 \cdot 2,8 \text{ €} + 20 \cdot 2 \text{ €} + 10 \cdot 2,5 \text{ €} + 15 \cdot 2 \text{ €} + 20 \cdot 2,3 \text{ €} = 204 \text{ €}$$

$$L_4 = 10 \cdot 3,5 \text{ €} + 10 \cdot 2,8 \text{ €} + 20 \cdot 2 \text{ €} + 25 \cdot 2 \text{ €} + 10 \cdot 2,5 \text{ €} + 10 \cdot 2,3 \text{ €} = 201 \text{ €}$$

$$L_5 = 10 \cdot 3,5 \text{ €} + 10 \cdot 2 \text{ €} + 20 \cdot 2 \text{ €} + 10 \cdot 2,5 \text{ €} + 15 \cdot 2 \text{ €} + 10 \cdot 2,5 \text{ €} + 10 \cdot 2,3 \text{ €} = 198 \text{ €}$$

$$L_6 = 10 \cdot 3,5 \text{ €} + 10 \cdot 2 \text{ €} + 20 \cdot 2 \text{ €} + 25 \cdot 2 \text{ €} + 20 \cdot 2,5 \text{ €} = 195 \text{ €}$$

ATSAKYMAS. $X_{11} = 0$; $X_{12} = 0$; $X_{13} = 20$; $X_{14} = 0$; $X_{15} = 0$; $X_{21} = 10$; $X_{22} = 0$; $X_{23} = 0$; $X_{24} = 0$; $X_{25} = 20$; $X_{31} = 0$; $X_{32} = 10$; $X_{33} = 0$; $X_{34} = 25$; $X_{35} = 0$; $L_{min} = 195 \text{ €}$.

IŠVADOS IR INTERPRETACIJA. Turėdamas ribotą biudžetą (275 Eur) darželis galės rinktis tinkamiausią stalų gabenimo planą ir išsinuomoti transporto priemonę: $195 \text{ €} + 58 \text{ €} = 253 \text{ €}$.

22 eurai lieka nenumatytoms išlaidoms. Šias išlaidas būtų galima skirti vairuotojui. Labai svarbu pabrėžti, kad toks tinkamiausias sprendinys hipotetiškai turėtų būti priimtinas visiems sprendimo dalyviams, nes turimas biudžetas neviršijamas, o tai reiškia, kad nereikės ieškoti papildomo finansavimo ar kitaip finansiškai atsižvelgti į kitus sprendimo dalyvius. Tiesinio programavimo metodas, taikomas sprendžiant transporto uždavinius, turi nemažai pranašumų: taupomas laikas ir lėšos, kai yra nedideli atstumai arba aptarnaujama tam tikra teritorija, galima sudaryti efektyvesnį ir palankesnę darbo grafiką.

9 pavyzdys. Pigiausias logistikos įmonės periodinių prekių pristatymo klientams planas

Vokietijos koncernas verslą sėkmingai plėtoja nuo 1950 metų ir šiuo metu yra pasaulio rinkos lyderis tvirtinamųjų medžiagų srityje. 1996 metais Lietuvoje įsteigta koncernui priklausanti bendrovė. Kaip ir kitos koncernui tiesiogiai priklausančios kompanijos, Lietuvoje veikianti įmonė prekiauja aukštos kokybės statybų ir pramonės, automobilių remonto, medžio ir metalo apdirbimo profesionalaus naudojimo produktais.

PROBLEMOS TURINYS. Klaipėdos regione, t. y. Mažeikiuose, Telšiuose, Tauragėje ir Klaipėdoje, yra keturi prekybos centrai-sandėliai, kuriuose laikoma apie 10 tūkstančių skirtingų prekių. Atsižvelgiant į regiono poreikį prekių asortimentas ir kiekis visuose sandėliuose yra panašus, bet nevienodas. Kiekviename centre daugiau laikoma toje vietovėje paklausesnių prekių, pavyzdžiui, Mažeikiuose sandėliuojami chemikalai naftos produktams utilizuoti, o Klaipėdoje – remontuojant laivus reikalinga virinimo įranga. Todėl pagal vykstančius darbus, jų intensyvumo kitimą, įmonių ir jų darbuotojų migravimą regione sunku numatyti visą reikalingą prekių asortimentą ir jų kiekį. Norint patenkinti klientų poreikius, reikia pateikti arba papildyti reikalingų produktų kiekį. Todėl įmonė kas savaitę skirtingas prekes sunkvežimiais išvežioja į skirtingus miestus: Šilalę, Skuodą, Šilutę, Plungę, Klaipėdą, Telšius, Sėdą, Mažeikius, Tauragę, Gargždus, Salantus, Kvėdarną, Varnius ir Akmenę.

SPRENDIMO TIKSLAS. Patenkinti klientų poreikius ir pristatyti reikalingų produktų kiekį tinkamiausiu ir pigiausiu būdu.

PRADINIAI DUOMENYS. Skirtingas prekes reikia išvežioti iš keturių prekybos centrų į skirtingus miestus, todėl 20 lentelėje pateikti atstumai tarp skirtingų miestų. Šalia nurodytos degalams reikalingos išlaidos.

20 lentelė. Atstumai tarp skirtingų Lietuvos miestų (km) ir išlaidos* (eurais)

Sandėliai	ŠILALĖ	SKUODAS	ŠILUTĖ	PLUNGĖ	KLAIPĖDA	TELŠIAI	SEDA	MAŽEIKIAI	TAURAGĖ	GARGŽDAI	SALANTAI	KVĖDARNA	VARNIAI	AKMENĖ
KLAIPĖDA	13 € 86 km	11,5 € 75 km	8 € 5 km	9 € 59 km	1 € 5 km	14 € 90 km	14,5 € 94 km	19 € 125 km	17,5 € 116 km	3,5 € 23 km	8,5 € 57 km	11 € 69 km	14 € 89 km	21 € 140 km
MAŽEIKIAI	17 € 112 km	8 € 54 km	22 € 141 km	8 € 53 km	19 € 125 km	7 € 44 km	4 € 27 km	1 € 2 km	22 € 143 km	15 € 96 km	11 € 69 km	15 € 98 km	8 € 72 km	4,5 € 30 km
TELŠIAI	10 € 65 km	10 € 66 km	17,5 € 115 km	4,5 € 30 km	14 € 90 km	1 € 2 km	4 € 27 km	6,5 € 44 km	14,5 € 96 km	11 € 70 km	8 € 52 km	11 € 72 km	5 € 32 km	10 € 65 km
TAURAGĖ	9 € 32 km	22 € 141 km	10 € 63 km	14 € 90 km	17,5 € 116 km	14,5 € 96 km	18,5 € 121 km	22 € 143 km	1 € 3 km	15 € 97 km	17,5 € 116 km	7 € 46 km	10 € 65 km	22 € 142 km

* – išlaidos apskaičiuojamos pagal formulę: išlaidos = atstumas · degalų sąnaudos · degalų kaina/100 km; čia degalų sąnaudos – 11,1 l/100 km ir degalų kaina – 1,38 euro

SPRENDIMAS. Pirmiausia sudaroma lentelė atraminiam sprendiniui suskaičiuoti taikant „šiaurės vakarų kampo“ metodą ir skaičiuojama gabenimo kaina Z_1 .

Toliau žr. 21 lentelę.

21 lentelė. Atstumai tarp skirtingų Lietuvos miestų (km) ir išlaidos* (eurais)

Sandėliai	ŠILALĖ	SKUODAS	ŠILUTĖ	PLUNGĖ	KLAIPĖDA	TELŠIAI	SEDA	MAŽEIKIAI	TAURAGĖ	GARGŽDAI	SALANTAI	KVĖDARNA	VARNIAI	AKMENĖ	ATSARGOS
KLAIPĖDA	13 € 60	11,5 € 45	8 € 60	9 € 15	1 €	14 €	14,5 €	19 €	17,5 €	3,5 €	8,5 €	11 €	14 €	21 €	180
MAŽEIKIAI	17 €	8 €	22 €	8 € 30	19 € 80	7 € 25	4 €	1 €	22 €	15 €	11 €	15 €	8 €	4,5 €	135
TELŠIAI	10 €	10 €	17,5 €	4,5 €	14 €	1 € 40	4 € 20	6,5 € 35	14,5 € 45	11 € 5	8 €	11 €	5 €	10 €	145
TAURAGĖ	9 €	22 €	10 €	14 €	17,5 €	14,5 €	18,5 €	22 €	1 €	15 € 60	17,5 € 25	7 € 30	10 € 20	22 € 25	160
POREIKIS	60	45	60	45	80	65	20	35	45	65	25	30	20	25	

* – išlaidos apskaičiuojamos pagal formulę: išlaidos = atstumas · degalų sąnaudos · degalų kaina/100 km; čia degalų sąnaudos – 11,1 l/100 km, degalų kaina – 1,38 euro

2. GERIAUSIAS PASIRINKIMAS

$$Z_1 = 60 \cdot 13 \text{ €} + 45 \cdot 11,5 \text{ €} + 60 \cdot 8 \text{ €} + 15 \cdot 9 \text{ €} + 30 \cdot 8 \text{ €} + 80 \cdot 19 \text{ €} + 25 \cdot 7 \text{ €} + 40 \cdot 1 \text{ €} + 20 \cdot 4 \text{ €} + 35 \cdot 6,5 \text{ €} + 45 \cdot 14,5 \text{ €} + 5 \cdot 11 \text{ €} + 60 \cdot 15 \text{ €} + 25 \cdot 17,5 \text{ €} + 30 \cdot 7 \text{ €} + 20 \cdot 10 \text{ €} + 25 \cdot 22 \text{ €} = 7\,200 \text{ €}$$

gabenimo
kaina

Visas prekes išvežioti į skirtingus miestus pagal šį planą kainuotų 7 200 eurų. Kaina turbūt nėra geriausia, nes nėra išnagrinėti visi galimi variantai, todėl reikia rasti tinkamiausią sprendimą, kad mažiausiomis išlaidomis visos prekės būtų išvežtos į visus miestus. Pirmiausia sudaromi prekių keitimo ciklai. Šiuo atveju iškart rengiami trys tarpusavyje nesikertantys prekių keitimo ciklai (žr. 22 lentelę).

22 lentelė. Trys prekių keitimo ciklai

Sandėliai	ŠILALĖ	SKUODAS	ŠILUTĖ	PLUNGĖ	KLAIPĖDA	TELŠIAI	SEDA	MAŽEIKIAI	TAURAGĖ	GARGŽDAI	SALANTAI	KVĖDARNA	VARNIAI	AKMENĖ	ĄTSARGOS
KLAIPĖDA	13 €	11,5 €	8 €	9 €	1 €	14 €	14,5 €	19 €	17,5 €	3,5 €	8,5 €	11 €	14 €	21 €	180
MAŽEIKIAI	17 €	8 €	22 €	8 €	19 €	7 €	4 €	1 €	22 €	15 €	11 €	15 €	8 €	4,5 €	135
TELŠIAI	10 €	10 €	17,5 €	4,5 €	14 €	1 €	4 €	6,5 €	14,5 €	11 €	8 €	11 €	5 €	10 €	145
TAURAGĖ	9 €	22 €	10 €	14 €	17,5 €	14,5 €	18,5 €	22 €	1 €	15 €	17,5 €	7 €	10 €	22 €	160
POREIKIS	60	45	60	45	80	65	20	35	45	65	25	30	20	25	

Pirmojo ciklo kaina

$$\gamma = -13 \text{ €} + 9 \text{ €} - 15 \text{ €} + 3,5 \text{ €} = -15,5 \text{ €}$$

$$Z_2 = 7\,200 \text{ €} + (60 \cdot (-15,5 \text{ €})) = 6\,270 \text{ €},$$

arba

$$Z_2 = 60 \cdot 9 \text{ €} + 45 \cdot 11,5 \text{ €} + 60 \cdot 8 \text{ €} + 15 \cdot 9 \text{ €} + 30 \cdot 8 \text{ €} + 80 \cdot 19 \text{ €} + 25 \cdot 7 \text{ €} + 40 \cdot 1 \text{ €} + 20 \cdot 4 \text{ €} + 35 \cdot 6,5 \text{ €} + 45 \cdot 14,5 \text{ €} + 5 \cdot 11 \text{ €} + 60 \cdot 3,5 \text{ €} + 25 \cdot 17,5 \text{ €} + 30 \cdot 7 \text{ €} + 20 \cdot 10 \text{ €} + 25 \cdot 22 \text{ €} = 6\,270 \text{ €}.$$

Antrojo ciklo kaina

$$\gamma = -11,5 \text{ €} + 8 \text{ €} - 19 \text{ €} + 1 \text{ €} = -21,5 \text{ €}$$

$$Z_3 = 6\,270 \text{ €} + (45 \cdot (-21,5 \text{ €})) = 5\,302,5 \text{ €}$$

Trečiojo ciklo kaina

$$\gamma = -8 \text{ €} + 4,5 \text{ €} - 6,5 \text{ €} + 1 \text{ €} = -9 \text{ €}$$

$$Z_4 = 5\,302,5 \text{ €} + (30 \cdot (-9 \text{ €})) = 5\,032,5 \text{ €}$$

Toliau žr. 23 lentelę.

23 lentelė. Gabenimo planas po trijų ciklų

Sandėliai	ŠILALĖ	SKUODAS	ŠILUTĖ	PLUNGĖ	KLAIPĖDA	TELŠIAI	SEDA	MAŽEIKIAI	TAURAGĖ	GARGŽDAI	SALANTAI	KVĖDARNA	VARNIAI	AKMENĖ	ATSARGOS
KLAIPĖDA	13 €	11,5 €	8 € 60	9 € 15	1 € 45	14 €	14,5 €	19 €	17,5 €	3,5 € 60	8,5 €	11 €	14 €	21 €	180
MAŽEIKIAI	17 €	8 € 45	22 €	8 €	19 € 35	7 € 25	4 €	1 € 30	22 €	15 €	11 €	15 €	8 €	4,5 €	135
TELŠIAI	10 €	10 €	17,5 €	4,5 € 30	14 €	1 € 40	4 € 20	6,5 € 5	14,5 € 45	11 € 5	8 €	11 €	5 €	10 €	145
TAURAGĖ	9 € 60	22 €	10 €	14 €	17,5 €	14,5 €	18,5 €	22 €	1 €	15 €	17,5 € 25	7 € 30	10 € 20	22 € 25	160
POREIKIS	60	45	60	45	80	65	20	35	45	65	25	30	20	25	

Tada sudaromi ketvirtasis ir penktasis prekių keitimo ciklai (žr. 24 lentelę).

24 lentelė. Ketvirtasis ir penktasis prekių keitimo ciklai

Sandėliai	ŠILALĖ	SKUODAS	ŠILUTĖ	PLUNGĖ	KLAIPĖDA	TELŠIAI	SEDA	MAŽEIKIAI	TAURAGĖ	GARGŽDAI	SALANTAI	KVĖDARNA	VARNIAI	AKMENĖ	ATSARGOS
KLAIPĖDA	13 €	11,5 €	8 € 60	9 € 15	1 € 45	14 €	14,5 €	19 €	17,5 €	3,5 € 60	8,5 €	11 €	14 €	21 €	180
MAŽEIKIAI	17 €	8 € 45	22 €	8 € 15	19 € 35	7 € 25	4 €	1 € 30	22 €	15 €	11 €	15 €	8 €	4,5 €	135
TELŠIAI	10 €	10 €	17,5 €	4,5 € 30	14 €	1 € 40	4 € 20	6,5 € 5	14,5 € 45	11 € 5	8 €	11 €	5 €	10 €	145
TAURAGĖ	9 € 60	22 €	10 €	14 €	17,5 €	14,5 €	18,5 €	22 €	1 €	15 €	17,5 € 25	7 € 30	10 € 20	22 € 25	160
POREIKIS	60	45	60	45	80	65	20	35	45	65	25	30	20	25	

Ketvirtojo ciklo kaina

$$\gamma = -9 \text{ €} + 8 \text{ €} - 19 \text{ €} + 1 \text{ €} = -19 \text{ €}$$

$$Z_5 = 5\,032,5 \text{ €} + (15 \cdot (-19 \text{ €})) = 4\,747,5 \text{ €}$$

Penktojo ciklo kaina

$$\gamma = -14,5 \text{ €} + 1 \text{ €} - 17,5 \text{ €} + 8 \text{ €} = -23 \text{ €}$$

$$Z_6 = 4\,747,5 \text{ €} + (25 \cdot (-23 \text{ €})) = 4\,172,5 \text{ €}$$

Toliau žr. 25 lentelę.

25 lentelė. Gabenimo planas po ketvirtojo ir penktojo ciklą

Sandėliai	ŠILALĖ	SKUODAS	ŠILUTĖ	PLUNGĖ	KLAIPĖDA	TELŠIAI	SEDA	MAŽEIKIAI	TAURAGĖ	GARGŽDAI	SALANTAI	KVĖDARNA	VARNIAI	AKMENĖ	ATSARGOS
KLAIPĖDA	13 €	11,5 €	8 € 60	9 €	1 € 60	14 €	14,5 €	19 €	17,5 €	3,5 € 60	8,5 €	11 €	14 €	21 €	180
MAŽEIKIAI	17 €	8 € 45	22 €	8 € 15	19 € 20	7 € 25	4 €	1 € 30	22 €	15 €	11 €	15 €	8 €	4,5 €	135
TELŠIAI	10 €	10 €	17,5 €	4,5 € 30	14 €	1 € 40	4 € 20	6,5 € 5	14,5 € 20	11 € 5	8 € 25	11 €	5 €	10 €	145
TAURAGĖ	9 € 60	22 €	10 €	14 €	17,5 €	14,5 €	18,5 €	22 €	1 € 25	15 €	17,5 €	7 € 30	10 € 20	22 € 25	160
POREIKIS	60	45	60	45	80	65	20	35	45	65	25	30	20	25	

Tada sudaromi šeštasis ir septintasis prekių keitimo ciklai (žr. 26 ir 27 lenteles).

26 lentelė. Šeštasis ir septintasis prekių keitimo ciklai

Sandėliai	ŠILALĖ	SKUODAS	ŠILUTĖ	PLUNGĖ	KLAIPĖDA	TELŠIAI	SEDA	MAŽEIKIAI	TAURAGĖ	GARGŽDAI	SALANTAI	KVĖDARNA	VARNIAI	AKMENĖ	ATSARGOS
KLAIPĖDA	13€	11,5€	8€ 60	9€	1€ 60	14€	14,5€	19€	17,5€	3,5€ 60	8,5€	11€	14€	21€	180
MAŽEIKIAI	17€	8€ 45	22€	8€ 15	19€ 20	7€ 25	4€	1€ 30	22€	15€	11€	15€	8€	4,5€	135
TELŠIAI	10€	10€	17,5€	4,5€ 30	14€	1€ 40	4€ 20	6,5€ 5	14,5€ 20	11€ 5	8€ 25	11€	5€	10€	145
TAURAGĖ	9€ 60	22€	10€	14€	17,5€	14,5€	18,5€	22€	1€ 25	15€	17,5€	7€ 30	10€ 20	22€ 25	160
POREIKIS	60	45	60	45	80	65	20	35	45	65	25	30	20	25	

Šeštojo ciklo kaina

$$\gamma = -14,5 \text{ €} + 1 \text{ €} - 10 \text{ €} + 5 \text{ €} = -18,5 \text{ €}$$

$$Z_7 = 4\,172,5 \text{ €} + (20 \cdot (-18,5 \text{ €})) = 3\,802,5 \text{ €}$$

Septintojo ciklo kaina

$$\gamma = -7 \text{ €} + 14,5 \text{ €} - 22 \text{ €} + 4,5 \text{ €} = -10 \text{ €}$$

$$Z_8 = 3\,802,5 \text{ €} + (25 \cdot (-10 \text{ €})) = 3\,552,5 \text{ €}$$

27 lentelė. Prekių gabenimo planas po šeštojo ir septintojo ciklų

Sandėliai	ŠILALĖ	SKUODAS	ŠILUTĖ	PLUNGĖ	KLAIPĖDA	TELŠIAI	SEDA	MAŽEIKIAI	TAURAGĖ	GARGŽDAI	SALANTAI	KVĖDARNA	VARNIAI	AKMENĖ	ATSARGOS
KLAIPĖDA	13 €	11,5 €	8 € 60	9 €	1 € 60	14 €	14,5 €	19 €	17,5 €	3,5 € 60	8,5 €	11 €	14 €	21 €	180
MAŽEIKIAI	17 €	8 € 45	22 €	8 € 15	19 € 20	7 €	4 €	1 € 30	22 €	15 €	11 €	15 €	8 €	4,5 €	135
TELŠIAI	10 €	10 €	17,5 €	4,5 € 30	14 €	1 € 40	4 € 20	6,5 € 5	14,5 €	11 € 5	8 € 25	11 €	5 € 20	10 €	145
TAURAGĖ	9 € 60	22 €	10 €	14 €	17,5 €	14,5 € 25	18,5 €	22 €	1 € 45	15 €	17,5 €	7 € 30	10 €	22 €	160
POREIKIS	60	45	60	45	80	65	20	35	45	65	25	30	20	25	

Tada sudaromas aštuntasis prekių keitimo ciklas (žr. 28 ir 29 lenteles):

28 lentelė. Aštuntasis prekių keitimo ciklas

Sandėliai	ŠILALĖ	SKUODAS	ŠILUTĖ	PLUNGĖ	KLAIPĖDA	TELŠIAI	SEDA	MAŽEIKIAI	TAURAGĖ	GARGŽDAI	SALANTAI	KVĖDARNA	VARNIAI	AKMENĖ	ATSARGOS
KLAIPĖDA	13 €	11,5 €	8 € 60	9 €	1 € 60	14 €	14,5 €	19 €	17,5 €	3,5 € 60	8,5 €	11 €	14 €	21 €	180
MAŽEIKIAI	17 €	8 € 45	22 €	8 € 15	19 € 20	7 €	4 €	1 € 30	22 €	15 €	11 €	15 €	8 €	4,5 €	135
TELŠIAI	10 €	10 €	17,5 €	4,5 € 30	14 €	1 € 40	4 € 20	6,5 € 5	14,5 €	11 € 5	8 € 25	11 €	5 € 20	10 €	145
TAURAGĖ	9 € 60	22 €	10 €	14 €	17,5 €	14,5 € 25	18,5 €	22 €	1 € 45	15 €	17,5 €	7 € 30	10 €	22 €	160
POREIKIS	60	45	60	45	80	65	20	35	45	65	25	30	20	25	

Aštuntojo ciklo kaina

$$\gamma = -8 \text{ €} + 4,5 \text{ €} - 6,5 \text{ €} + 1 \text{ €} = -9 \text{ €}$$

$$Z_9 = 3\,552,5 \text{ €} + (5 \cdot (-9 \text{ €})) = 3\,635 \text{ €}$$

29 lentelė. Gabenimo planas po aštuntojo prekių keitimo ciklo

Sandėliai	ŠILALĖ	SKUODAS	ŠILUTĖ	PLUNGĖ	KLAIPĖDA	TELŠIAI	SEDA	MAŽEIKIAI	TAURAGĖ	GARGŽDAI	SALANTAI	KVĖDARNA	VARNIAI	AKMENĖ	ATSARGOS
KLAIPĖDA	13 €	11,5 €	8 € 60	9 €	1 € 60	14 €	14,5 €	19 €	17,5 €	3,5 € 60	8,5 €	11 €	14 €	21 €	180
MAŽEIKIAI	17 €	8 € 45	22 €	8 € 10	19 € 20	7 €	4 €	1 € 35	22 €	15 €	11 €	15 €	8 €	4,5 € 25	135
TELŠIAI	10 €	10 €	17,5 €	4,5 € 35	14 €	1 € 40	4 € 20	6,5 €	14,5 €	11 € 5	8 € 25	11 €	5 € 20	10 €	145
TAURAGĖ	9 € 60	22 €	10 €	14 €	17,5 €	14,5 € 25	18,5 €	22 €	1 € 45	15 €	17,5 €	7 € 30	10 €	22 €	160
POREIKIS	60	45	60	45	80	65	20	35	45	65	25	30	20	25	

Tada sudaromi devintasis ir dešimtas prekų keitimo ciklai (žr. 30 ir 31 lenteles).

30 lentelė. Devintasis ir dešimtas prekų keitimo ciklai

Sandėliai	ŠILALĖ	SKUODAS	ŠILUTĖ	PLUNGĖ	KLAIPĖDA	TELŠIAI	SEDA	MAŽEIKIAI	TAURAGĖ	GARGŽDAI	SALANTAI	KVĖDARNA	VARNIAI	AKMENĖ	ATSARGOS
KLAIPĖDA	13 €	11,5 €	8 €	9 €	1 €	14 €	14,5 €	19 €	17,5 €	3,5 €	8,5 €	11 €	14 €	21 €	180
MAŽEIKIAI	17 €	8 € 45	22 €	8 €	19 €	7 €	4 €	1 €	22 €	15 €	11 €	15 €	8 €	4,5 € 25	135
TELŠIAI	10 €	10 €	17,5 €	4,5 €	14 €	1 €	4 €	6,5 €	14,5 €	11 €	8 €	11 €	5 €	10 €	145
TAURAGĖ	9 € 60	22 €	10 €	14 €	17,5 €	14,5 € 25	18,5 €	22 €	1 €	15 €	17,5 €	7 € 30	10 €	22 €	160
POREIKIS	60	45	60	45	80	65	20	35	45	65	25	30	20	25	

Devintojo ciklo kaina

$$\gamma = -8 \text{ €} + 4,5 \text{ €} - 4 \text{ €} + 4 \text{ €} = -3,5 \text{ €}$$

$$Z_{10} = 3\,507,5 \text{ €} + (10 \cdot (-3,5 \text{ €})) = 3\,472,5 \text{ €}$$

Dešimtojo ciklo kaina

$$\gamma = -8 \text{ €} + 22 \text{ €} - 19 \text{ €} + 1 \text{ €} = -4 \text{ €}$$

$$Z_{11} = 3\,472,5 \text{ €} + (20 \cdot (-4 \text{ €})) = 3\,392,5 \text{ €}$$

31 lentelė. Gabenimo planas po devintojo ir dešimtojo ciklų

Sandėliai	ŠILALĖ	SKUODAS	ŠILUTĖ	PLUNGĖ	KLAIPĖDA	TELŠIAI	SEDA	MAŽEIKIAI	TAURAGĖ	GARGŽDAI	SALANTAI	KVĖDARNA	VARNIAI	AKMENĖ	ATSARGOS
KLAIPĖDA	13 €	11,5 €	8 € 40	9 €	1 € 80	14 €	14,5 €	19 €	17,5 €	3,5 € 60	8,5 €	11 €	14 €	21 €	180
MAŽEIKIAI	17 €	8 € 45	22 € 20	8 €	19 €	7 €	4 € 10	1 € 35	22 €	15 €	11 €	15 €	8 €	4,5 € 25	135
TELŠIAI	10 €	10 €	17,5 €	4,5 € 45	14 €	1 € 40	4 € 10	6,5 €	14,5 €	11 € 5	8 € 25	11 €	5 € 20	10 €	145
TAURAGĖ	9 € 60	22 €	10 €	14 €	17,5 €	14,5 € 25	18,5 €	22 €	1 € 45	15 €	17,5 €	7 € 30	10 €	22 €	160
POREIKIS	60	45	60	45	80	65	20	35	45	65	25	30	20	25	

Tada sudaromas vienuoliktasis prekų keitimo ciklas (žr. 32 ir 33 lenteles).

32 lentelė. Vienuoliktasis prekių keitimo ciklas

Sandėliai	ŠILALĖ	SKUODAS	ŠILUTĖ	PLUNGĖ	KLAIPĖDA	TELŠIAI	SEDA	MAŽEIKIAI	TAURAGĖ	GARGŽDAI	SALANTAI	KVĖDARNA	VARNIAI	AKMENĖ	ATSARGOS
KLAIPĖDA	13 €	11,5 €	8 € 40	9 €	1 € 80	14 €	14,5 €	19 €	17,5 €	3,5 € 60	8,5 €	11 €	14 €	21 €	180
MAŽEIKIAI	17 €	8 € 45	22 € 20	8 € (11)	19 €	7 €	4 € 10	1 € 35	22 €	15 €	11 €	15 €	8 €	4,5 € 25	135
TELŠIAI	10 €	10 €	17,5 €	4,5 € 45	14 €	1 € 40	4 € 10	6,5 €	14,5 €	11 € 5	8 € 25	11 €	5 € 20	10 €	145
TAURAGĖ	9 € 60	22 €	10 €	14 €	17,5 €	4,5 € 25	18,5 €	22 €	1 € 45	15 €	17,5 €	7 € 30	10 €	22 €	160
POREIKIS	60	45	60	45	80	65	20	35	45	65	25	30	20	25	

Vienuoliktojo ciklo kaina

$$\gamma = -22 \text{ €} + 10 \text{ €} - 14,5 \text{ €} + 7 \text{ €} = 19,5 \text{ €}$$

$$-Z_{12} = 3\,392,5 \text{ €} + (20 \cdot (-19,5 \text{ €})) = 3\,002,5 \text{ €}$$

33 lentelė. Gabenimo planas po vienuoliktojo prekių keitimo ciklo

Sandėliai	ŠILALĖ	SKUODAS	ŠILUTĖ	PLUNGĖ	KLAIPĖDA	TELŠIAI	SEDA	MAŽEIKIAI	TAURAGĖ	GARGŽDAI	SALANTAI	KVĖDARNA	VARNIAI	AKMENĖ	ATSARGOS
KLAIPĖDA	13 €	11,5 €	8 € 40	9 €	1 € 80	14 €	14,5 €	19 €	17,5 €	3,5 € 60	8,5 €	11 €	14 €	21 €	180
MAŽEIKIAI	17 €	8 € 45	22 €	8 €	19 €	7 € 20	4 € 10	1 € 35	22 €	15 €	11 €	15 €	8 €	4,5 € 25	135
TELŠIAI	10 €	10 €	17,5 €	4,5 € 35	14 €	1 € 40	4 € 10	6,5 €	14,5 €	11 € 5	8 € 25	11 €	5 € 20	10 €	145
TAURAGĖ	9 € 60	22 €	10 € 20	14 €	17,5 €	4,5 € 5	18,5 €	22 €	1 € 45	15 €	17,5 €	7 € 30	10 €	22 €	160
POREIKIS	60	45	60	45	80	65	20	35	45	65	25	30	20	25	

Tada sudaromas dvyliktasis prekių keitimo ciklas (žr. 34 ir 35 lenteles).

34 lentelė. Dvyliktasis prekių keitimo ciklas

Sandėliai	ŠILALĖ	SKUODAS	ŠILUTĖ	PLUNGĖ	KLAIPĖDA	TELŠIAI	SEDA	MAŽEIKIAI	TAURAGĖ	GARGŽDAI	SALANTAI	KVĖDARNA	VARNIAI	AKMENĖ	ATSARGOS
KLAIPĖDA	13 €	11,5 €	8 € 40	9 €	1 € 80	14 €	14,5 €	19 €	17,5 €	3,5 € 60	8,5 €	11 €	14 €	21 €	180
MAŽEIKIAI	17 €	8 € 45	22 €	8 €	19 € (12)	7 € 20	4 € 10	1 € 35	22 €	15 €	11 €	15 €	8 €	4,5 € 25	135
TELŠIAI	10 €	10 €	17,5 €	4,5 € 35	14 €	1 € 40	4 € 10	6,5 €	14,5 €	11 € 5	8 € 25	11 €	5 € 20	10 €	145
TAURAGĖ	9 € 60	22 €	10 € 20	14 €	17,5 €	14,5 € 5	18,5 €	22 €	1 € 45	15 €	17,5 €	7 € 30	10 €	22 €	160
POREIKIS	60	45	60	45	80	65	20	35	45	65	25	30	20	25	

Dvyliktojo ciklo kaina

$$\gamma = -7 \text{ €} + 1 \text{ €} - 4 \text{ €} + 4 \text{ €} = -6 \text{ €}$$

$$Z_{13} = 3\,002,5 \text{ €} + (10 \cdot (-6 \text{ €})) = 2\,942,5 \text{ €}$$

35 lentelė. Gabenimo planas po dvyliktojo prekių keitimo ciklo

Sandėliai	ŠILALĖ	SKUODAS	ŠILUTĖ	PLUNGĖ	KLAIPĖDA	TELŠIAI	SEDA	MAŽEIKIAI	TAURAGĖ	GARGŽDAI	SALANTAI	KVĖDARNA	VARNIAI	AKMENĖ	ATSARGOS
KLAIPĖDA	13 €	11,5 €	8 € 40	9 €	1 € 80	14 €	14,5 €	19 €	17,5 €	3,5 € 60	8,5 €	11 €	14 €	21 €	180
MAŽEIKIAI	17 €	8 € 45	22 €	8 €	19 €	7 € 10	4 € 20	1 € 35	22 €	15 €	11 €	15 €	8 €	4,5 € 25	135
TELŠIAI	10 €	10 €	17,5 €	4,5 € 45	14 €	1 € 50	4 €	6,5 €	14,5 €	11 € 5	8 € 25	11 €	5 € 20	10 €	145
TAURAGĖ	9 € 60	22 €	10 € 20	14 €	17,5 €	14,5 € 5	18,5 €	22 €	1 € 45	15 €	17,5 €	7 € 30	10 €	22 €	160
POREIKIS	60	45	60	45	80	65	20	35	45	65	25	30	20	25	

Tada sudaromas tryliktasis prekių keitimo ciklas (žr. 36 ir 37 lenteles).

36 lentelė. Tryliktojo prekių keitimo ciklas

Sandėliai	ŠILALĖ	SKUODAS	ŠILUTĖ	PLUNGĖ	KLAIPĖDA	TELŠIAI	SEDA	MAŽEIKIAI	TAURAGĖ	GARGŽDAI	SALANTAI	KVĖDARNA	VARNIAI	AKMENĖ	ATSARGOS
KLAIPĖDA	13 €	11,5 €	8 € 40	9 €	1 € 80	14 €	14,5 €	19 €	17,5 €	3,5 € 60	8,5 €	11 €	14 €	21 €	180
MAŽEIKIAI	17 €	8 € 45	22 €	8 €	19 €	7 € 10	4 € 20	1 € 35	22 €	15 €	11 €	15 €	8 €	4,5 € 25	135
TELŠIAI	10 €	10 €	17,5 €	4,5 € 45	14 €	1 € 50	4 €	6,5 €	14,5 €	11 € 5	8 € 25	11 €	5 € 20	10 €	145
TAURAGĖ	9 € 60	22 €	10 € 20	14 €	17,5 €	14,5 €	18,5 €	22 €	1 € 45	15 €	17,5 €	7 € 30	10 €	22 €	160
POREIKIS	60	45	60	45	80	65	20	35	45	65	25	30	20	25	

Tryliktojo ciklo kaina

$$\gamma = -14,5 \text{ €} + 1 \text{ €} - 11 \text{ €} + 15 \text{ €} = -9,5 \text{ €}$$

$$Z_{14} = 294,5 \text{ €} + (5 \cdot (-9,5 \text{ €})) = 289,5 \text{ €}$$

37 lentelė. Gabenimo planas po tryliktojo prekių keitimo ciklo

Sandėliai	ŠILALĖ	SKUODAS	ŠILUTĖ	PLUNGĖ	KLAIPĖDA	TELŠIAI	SEDA	MAŽEIKIAI	TAURAGĖ	GARGŽDAI	SALANTAI	KVĖDARNA	VARNIAI	AKMENĖ	ATSARGOS
KLAIPĖDA	13 €	11,5 €	8 € 40	9 €	1 € 80	14 €	14,5 €	19 €	17,5 €	3,5 € 60	8,5 €	11 €	14 €	21 €	180
MAŽEIKIAI	17 €	8 € 45	22 €	8 €	19 €	7 € 10	4 € 20	1 € 35	22 €	15 €	11 €	15 €	8 €	4,5 € 25	135
TELŠIAI	10 €	10 €	17,5 €	4,5 € 45	14 €	1 € 55	4 €	6,5 €	14,5 €	11 €	8 € 25	11 €	5 € 20	10 €	145
TAURAGĖ	9 € 60	22 €	10 € 20	14 €	17,5 €	14,5 €	18,5 €	22 €	1 € 45	15 € 5	17,5 €	7 € 30	10 €	22 €	160
POREIKIS	60	45	60	45	80	65	20	35	45	65	25	30	20	25	

Tada sudaromi keturioliktasis ir penkioliktasis prekių keitimo ciklai (žr. 38 ir 39 lenteles):

2. GERIAUSIAS PASIRINKIMAS

38 lentelė. Keturioliktasis ir penkioliktasis prekių keitimo ciklai

Sandėliai	ŠILALĖ	SKUODAS	ŠILUTĖ	PLUNGĖ	KLAIPĖDA	TELŠIAI	SEDA	MAŽEIKIAI	TAURAGĖ	GARGŽDAI	SALANTAI	KVĖDARNA	VARNIAI	AKMENĖ	ATSARGOS
KLAIPĖDA	13 €	11,5 € 40	8 € 15	9 €	1 € 80	14 €	14,5 €	19 €	17,5 €	3,5 € 60	8,5 €	11 €	14 €	21 €	180
MAŽEIKIAI	17 €	8 € 45	22 € 14	8 €	19 €	7 € 10	4 € 20	1 € 35	22 €	15 €	11 €	15 €	8 €	4,5 € 25	135
TELŠIAI	10 €	10 €	17,5 €	4,5 € 45	14 €	1 € 55	4 €	6,5 €	14,5 €	11 €	8 € 25	11 €	5 € 20	10 €	145
TAURAGĖ	9 €	22 €	10 €	14 €	17,5 €	14,5 €	18,5 €	22 €	1 € 45	15 € 5	17,5 €	7 € 30	10 €	22 €	160
POREIKIS	60	45	60	45	80	65	20	35	45	65	25	30	20	25	

Keturioliktojo ciklo kaina

$$\gamma = -4,5 \text{ €} + 8 \text{ €} - 7 \text{ €} + 1 \text{ €} = -2,5 \text{ €}$$

$$Z_{15} = 2\,895 \text{ €} + (10 \cdot (-2,5 \text{ €})) = 2\,870 \text{ €}$$

Penkioliktojo ciklo kaina

$$\gamma = -8 \text{ €} + 10 \text{ €} - 15 \text{ €} + 3,5 \text{ €} = -9,5 \text{ €}$$

$$Z_{16} = 2\,870 \text{ €} + (5 \cdot (-9,5 \text{ €})) = 2\,822,5 \text{ €}$$

39 lentelė. Gabenimo planas po keturioliktojo ir penkioliktojo prekių keitimo ciklų

Sandėliai	ŠILALĖ	SKUODAS	ŠILUTĖ	PLUNGĖ	KLAIPĖDA	TELŠIAI	SEDA	MAŽEIKIAI	TAURAGĖ	GARGŽDAI	SALANTAI	KVĖDARNA	VARNIAI	AKMENĖ	ATSARGOS
KLAIPĖDA	13 €	11,5 €	8 € 35	9 €	1 € 80	14 €	14,5 €	19 €	17,5 €	3,5 € 65	8,5 €	11 €	14 €	21 €	180
MAŽEIKIAI	17 €	8 € 45	22 €	8 € 10	19 €	7 €	4 € 20	1 € 35	22 €	15 €	11 €	15 €	8 €	4,5 € 25	135
TELŠIAI	10 €	10 €	17,5 €	4,5 € 35	14 €	1 € 65	4 €	6,5 €	14,5 €	11 €	8 € 25	11 €	5 € 20	10 €	145
TAURAGĖ	9 €	22 €	10 € 25	14 €	17,5 €	14,5 € 5	18,5 €	22 €	1 € 45	15 €	17,5 €	7 € 30	10 €	22 €	160
POREIKIS	60	45	60	45	80	65	20	35	45	65	25	30	20	25	

Tada sudaromas šešioliktasis prekių keitimo ciklas (žr. 40 ir 41 lenteles).

40 lentelė. Šešiolyktasis prekių keitimo ciklas

Sandėliai	ŠILALĖ	SKUODAS	ŠILUTĖ	PLUNGĖ	KLAIPĖDA	TELŠIAI	SEDA	MAŽEIKIAI	TAURAGĖ	GARGŽDAI	SALANTAI	KVĖDARNA	VARNIAI	AKMENĖ	ĄTSARGOS
KLAIPĖDA	13 €	11,5 €	8 €	9 €	1 €	14 €	14,5 €	19 €	17,5 €	3,5 €	8,5 €	11 €	14 €	21 €	180
MAŽEIKIAI	17 €	8 €	22 €	8 €	19 €	7 €	4 €	1 €	22 €	15 €	11 €	15 €	8 €	4,5 €	135
TELŠIAI	10 €	10 €	17,5 €	4,5 €	14 €	1 €	4 €	6,5 €	14,5 €	11 €	8 €	11 €	5 €	10 €	145
TAURAGĖ	9 €	22 €	10 €	14 €	17,5 €	14,5 €	18,5 €	22 €	1 €	15 €	17,5 €	7 €	10 €	22 €	160
POREIKIS	60	45	60	45	80	65	20	35	45	65	25	30	20	25	

Šešiolyktojo ciklo kaina

$$\gamma = -8 \text{ €} + 4,5 \text{ €} - 8 \text{ €} + 11 \text{ €} = -0,5 \text{ €}$$

$$Z_{17} = 2\,822,5 \text{ €} + (10 \cdot (-0,5 \text{ €})) = 2\,817,5 \text{ €}$$

41 lentelė. Gabenimo planas po šešiolyktojo prekių keitimo ciklo

Sandėliai	ŠILALĖ	SKUODAS	ŠILUTĖ	PLUNGĖ	KLAIPĖDA	TELŠIAI	SEDA	MAŽEIKIAI	TAURAGĖ	GARGŽDAI	SALANTAI	KVĖDARNA	VARNIAI	AKMENĖ	ĄTSARGOS
KLAIPĖDA	13 €	11,5 €	8 €	9 €	1 €	14 €	14,5 €	19 €	17,5 €	3,5 €	8,5 €	11 €	14 €	21 €	180
MAŽEIKIAI	17 €	8 €	22 €	8 €	19 €	7 €	4 €	1 €	22 €	15 €	11 €	15 €	8 €	4,5 €	135
TELŠIAI	10 €	10 €	17,5 €	4,5 €	14 €	1 €	4 €	6,5 €	14,5 €	11 €	8 €	11 €	5 €	10 €	145
TAURAGĖ	9 €	22 €	10 €	14 €	17,5 €	14,5 €	18,5 €	22 €	1 €	15 €	17,5 €	7 €	10 €	22 €	160
POREIKIS	60	45	60	45	80	65	20	35	45	65	25	30	20	25	

ALTERNATYVOS. Alternatyvą galima laikyti vienu iš galimų sprendinių, kurį pasirinkus padėtis tampa geresnė, todėl šio uždavinio alternatyvos yra prekių gabenimo iš keturių prekybos centrų į skirtingus miestus sprendiniai. Taigi, be atraminio sprendinio, šiuo konkrečiu atveju buvo įvertinta 16 sprendinių, kol buvo nustatytas tinkamiausias gabenimo planas, todėl galima teigti, kad uždavinys turi 16 alternatyvų. Sprendiniai tarpusavyje skyrėsi, bet visi kartu apibrėžė, koku būdu sprendžiamas

uždavinys, ir kiekvienas atitiko iškeltus tikslus – ieškoti minimalaus plano. Kita vertus, sprendiniai mažėjo, nes skyrėsi kiekvieno sprendinio ciklų kainos. Tai įrodo, kad kiekviena alternatyva keitė situacijos būseną pageidaujama, mažino gabenimo kainą tam tikru momentu atliekant pakeitimus. Uždavinio alternatyvų sąrašas yra toks:

$Z_1 = 7\,200\,€$	$0\,€$	$Z_{10} = 3\,472,5\,€$	$-35\,€$
$Z_2 = 6\,270\,€$	$-930\,€$	$Z_{11} = 3\,392,5\,€$	$-80\,€$
$Z_3 = 5\,302,5\,€$	$-967,5\,€$	$Z_{12} = 3\,002,5\,€$	$-390\,€$
$Z_4 = 5\,032,5\,€$	$-270\,€$	$Z_{13} = 2\,942,5\,€$	$-60\,€$
$Z_5 = 4\,747,5\,€$	$-285\,€$	$Z_{14} = 2\,895\,€$	$-47,5\,€$
$Z_6 = 4\,172,5\,€$	$-575\,€$	$Z_{15} = 2\,870\,€$	$-25\,€$
$Z_7 = 3\,802,5\,€$	$-370\,€$	$Z_{16} = 2\,822,5\,€$	$-47,5\,€$
$Z_8 = 3\,552,5\,€$	$-250\,€$	$Z_{17} = 2\,817,5\,€$	$-5\,€$
$Z_9 = 3\,507,5\,€$	$-45\,€$		

ATSAKYMAS. $Z_{17} = 2\,817,5\,€$.

IŠVADOS IR INTERPRETACIJA. Iš pradžių transporto sąnaudos siekė 7 200 eurų. Pritaikius minėtą metodą buvo apskaičiuotas tinkamiausias variantas, ir sąnaudos sumažėjo net iki 2 817,5 euro. Buvo sutaupyta 4 382,5 euro. Minėtas pavyzdys įrodo, kad taikant šį metodą galima efektyviai paskirstyti srautus ir sumažinti transporto sąnaudas. Maršruto sudarymo ir tinklinio planavimo metodais uždaviniai sprendžiami, kai kelis punktus reikia susieti trumpiausia arba pigiausia ryšių linija, nutiesti komunikacijas, suplanuoti transporto srautus. Šiais metodais sprendžiami ir išdėstymo uždaviniai siekiant atsakyti, kokiuose miestuose ir kokio galingumo įmonės reikia statyti, kad jas eksploatuojant patiriamos transporto išlaidos būtų mažiausios.

APIBENDRINIMAS. Geriausio (dažniausiai sakoma – optimalaus) sprendinio (varianto, plano pasirinkimo ir pan.) paieškos problema kyla tik tada, kai nagrinėjamas uždavinys turi daugiau kaip vieną sprendinį. Juk retai renkamės nesvarstydami. Dažniausiai po tam tikrų stebėjimų, lyginimų ir samprotavimų renkamės daiktą, būdą ar galimybę, tikėdamiesi išsirinkti geriausią. Renkamasi visokiomis aplinkybėmis ir dažniausiai galima rinktis palyginus visas galimybes. Pavyzdžiui, laikrodį ar mobilųjį telefoną pirsime tik palyginę visą jų pasiūlą, o grybams miške rinkti tokia strategija visiškai netinka. Koks objektas geriausias, dažniausiai sužinome lygindami objektus. Kartais turime išankstinę rinkimosi strategiją, o kartais renkamės spontaniškai. Taigi norėdami išsiaiškinti, kaip ieškoma geriausio pasirinkimo, turime tiksliai apibrėžti rinkimosi aplinkybes, o vienas iš būdų yra tiesinis programavimas.

Optimizavimo uždaviniai aktualūs įvairiose žmonių veiklos srityse. Inžinieriai, projektuojantys naujas technologijas, siekia didžiausio efektyvumo, o verslininkai ir vadybininkai stengiasi darbą organizuoti taip, kad investuojant kuo mažiau lėšų būtų gautas didžiausias pelnas. Išėjusios apsipirkti šeimininkės stengiasi pasirinkti tokį maršrutą, kad kelionei sugaištų kiek galima mažiau laiko. Kasdienėje veikloje dažnai optimizuojama intuityviai, netaikant teorijų, tačiau svarbiais ir sudėtingais atvejais uždavinį stengiamasi tiksliai suformuluoti ir spręsti tam skirtais metodais. Optimizavimas pritaikomas visur. Kiekvienas žmogus optimaliai stengiasi gyventi kuo geriau ir prioritetus teikia skirtingiems dalykams. Ko gero, labiau tikėtina išsirinkti geresnį variantą nei blogesnį, nes pasaulis nėra toks jau blogas.

3. GALIMŲ SPRENDIMŲ PRIORITETŲ EILĖS SUDARYMAS

3.1. METODAS: DAUGIAKRITERĖ ANALIZĖ PRIORITETAMS NUSTATYTI

Atliekant daugiakriterę analizę gali kilti daug sunkumų. Vienas iš pagrindinių sunkumų yra tyrimo objektų išreiškimas matematine forma. Daugiakriterės analizės metodu siekiama sudaryti kriterijų sistemą ir apskaičiuoti kriterijų reikšmes ir reikšmingumus siekiant kiek įmanoma tiksliau aprašyti analizuojamuosius projektus¹⁴. Pastarieji turi daug savybių: estetinių, funkcinų, fizinių, cheminių ir pan. Be to, tyrimo objektai yra veikiami įvairių veiksnių (ekonominių, socialinių teisinių ir t. t.) ir suinteresuotų grupių. Sunkiausia yra žinoti, kurias jų reikia analizuoti. Kokios savybės ar veiksniai gali būti laikomi kriterijais?

Literatūroje aprašoma nemažai skirtingų savybių turinčių daugiakriterės sprendimų analizės metodų. Autoriai įvairiuose literatūros šaltiniuose skirtingai klasifikuoja metodus¹⁵. Vienas iš dažniausiai taikomų – klasifikavimas pagal naudojamų duomenų tipą. Taigi pagal naudojamų duomenų tipą šie metodai skirstomi į tris grupes: deterministinius, stochastinius (tikimybinus) ir neapibrėžtų aibių.

Plačiausiai praktikoje taikomi šie deterministiniai metodai:

- analitinis hierarchinis procesas (angl. *Analytic Hierarchy Process* – AHP);
- WSM (angl. *Weighted Sum Model*) ir WPM (angl. *Weighted Product Model*);
- prioritetiškumo (angl. *Outranking*) metodai – ELECTRE (angl. *Elimination and Choice Expressing Reality*) ir PROMETHEE (angl. *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*);

¹⁴ ZAVADSKAS, E. K.; KAKLAUSKAS, A. Pastatų sistemotechninis įvertinimas. Vilnius: Technika, 1996.

¹⁵ The Software DECRAD Validation Report, TA-14-13.10. LEI, Nuclear Engineering Laboratory, 2010.

- TOPSIS (angl. *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*);
- MAUT (angl. *Multi Attribute Utility Theory*).

Daugumos tiriamų objektų savybes galima tiesiogiai išreikšti fiziniais dydžiais: kaina, laiku, svoriu, ilgiu ir pan. Kitas savybes, pavyzdžiui, patogumą, darbo saugumą, geriausia įvertinti santykinai. Šį santykinį įvertinimą galima skirstyti į dvi grupes. Vienos grupės kriterijus galima išreikšti santykinai remiantis įvairiais fiziniais kriterijais (pvz., dėl blogos kokybės patirtų nuostolių ir kainos santykiu)¹⁶. Kitos grupės kriterijai sudėtingesni: vertinant pasikviečiama ekspertų, pavyzdžiui, informacinės sistemos patogumą žmonės vertina atsižvelgdami į visus aspektus: greitį, architektūrą, dizainą ir pan. Šiuo atveju kiekvienas elementas turi savo matavimo vienetą. Sunku visus šiuos matavimo vienetus suvesti į kompleksinį matavimo vienetą. Tokiu atveju įvertinti galima tik ekspertų metodais. Juos taikant galima nustatyti, kiek vienas alternatyvus variantas yra geresnis ar blogesnis; suinteresuotos grupės lygina juos tarpusavyje. Šios grupės kokybinius duomenis galima išreikšti balais, procentais ar santykiu.

Atliekant daugiakriterę analizę būtina išnagrinėti visus galimus kriterijų derinius¹⁷. Kad juos sudarytume, reikia išanalizuoti atskirų nagrinėjamų objektų efektyvumą. Šių atskirų objektų efektyvumas nustatomas per pirmus penkis etapus¹⁸.

¹⁶ KAKLAUSKAS, A.; LEPKOVA, N. Pastatų ūkio valdymo objektas ir daugiakriterinė analizė. Modern Building Materials, Structures and Techniques: the 7th International Conference, May 16–18. Vilnius: Technika, 2001.

¹⁷ GULBINAS, A. Visuomeninių pastatų renovacijos daugiakriterinė internetinės sprendimų paramos sistema. Daktaro disertacija. Vilnius: Vilniaus Gedimino technikos universitetas, 2005.

¹⁸ KAKLAUSKAS, A.; ZAVADSKAS, E. K.; RASLANAS, S. Multivariant Design and Multiple Criteria Analysis of Building Refurbishments. Energy and Buildings, 2005, vol. 37, no. 4, p. 361–372.

1 etapas. Sudaroma įvertinta normalizuotų sprendimų priėmimo matrica D (žr. 42 lentelę). Šio etapo tikslas – iš lyginamų rodiklių gauti normalizuotus įvertintus dydžius. Žinant įvertintus dydžius, galima palyginti visus skirtingų matavimo vienetų rodiklius. Taikoma tokia formulė:

$$d_{ij} = \frac{x_{ij} \cdot q_i}{\sum_{j=1}^n x_{ij}}, \quad 8 \text{ formulė}$$

čia $i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n};$

x_{ij} – i kriterijaus reikšmė esant j sprendimui;

m – kriterijų skaičius;

n – lyginamų variantų skaičius;

q_i – i kriterijaus reikšmingumas.

Kiekvieno kriterijaus x_i gautų normalizuotų įvertintų reikšmių d_{ij} suma visada lygi šio kriterijaus reikšmingumui q_i . Nagrinėjamo kriterijaus reikšmingumo q_i reikšmė proporcingai paskirstoma visiems alternatyviems variantams a_j atsižvelgiant į jų reikšmes x_{ij} .

$$q_i = \sum_{j=1}^n d_{ij}, \quad 9 \text{ formulė}$$

čia $i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}.$

2 etapas. Apskaičiuojamos j variantą apibūdinančių minimizuojančių (mažesnė reikšmė yra geresnė) S_{-j} ir maksimizuojančių (didesnė reikšmė yra geresnė) S_{+j} įvertintų normalizuotų rodiklių sumos. Jos apskaičiuojamos pagal formulę:

$$S_{+j} = \sum_{i=1}^m d_{+ij},$$

$$S_{-j} = \sum_{i=1}^m d_{-ij}, \quad 10 \text{ formulė}$$

čia $i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}.$

Šiuo atveju S_{+j} ir S_{-j} dydžiai išreiškia kiekvieno alternatyvaus varianto suinteresuotų grupių tikslų pasiekimo lygį. Bet kuriuo atveju

visų objektų S_{+j} ir S_{-j} sumos visada yra atitinkamai lygios visoms maksimizuojančių ir minimizuojančių kriterijų reikšmingumų sumoms. Taip dar kartą galima patikrinti atliktų skaičiavimų teisingumą.

$$S_{+} = \sum_{j=1}^n S_{+j} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{+ij},$$

11 formulė

$$S_{-} = \sum_{j=1}^n S_{-j} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{-ij},$$

čia $i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}$.

3 etapas. Lyginamų variantų santykinis reikšmingumas nustatomas remiantis juos apibūdinančiomis teigiamomis S_{+j} ir neigiamomis S_{-j} savybėmis. Kiekvienos alternatyvos a_j santykinis reikšmingumas Q_j nustatomas pagal formulę:

$$j = \overline{1, n}.$$

12 formulė

4 etapas. Nustatomas objektų prioritetiškumas. Kuo didesnis Q_j , tuo geresnis variantas.

Galima daryti išvadą, kad šiuo metodu paprasta įvertinti ir išrinkti efektyviausias alternatyvas. Juo remiantis sukurtas apibendrintas kriterijus Q_j tiesiogiai ir proporcingai priklauso nuo lyginamų kriterijų reikšmių x_{ij} ir reikšmingumų q_i santykinės įtakos galutiniam rezultatui. Santykinis alternatyvos reikšmingumas Q_j rodo suinteresuotų grupių projekto tikslų ir poreikių pasiekimo lygį. Efektyviausio varianto reikšmingumas Q_{max} visada bus didžiausias. Visų kitų variantų reikšmingumas mažesnis už efektyviausią, t. y. visų suinteresuotų grupių tikslai ir poreikiai tenkinami blogiau negu geriausio projekto atveju.

Suinteresuotas grupes iš tikrųjų labiau domina ne nagrinėjamų projektų reikšmingumas ar prioritetiškumas, bet projektų naudingumo laipsnis ir kokia iš to nauda. Suinteresuotoms grupėms svarbiau projektas, kuris geriausiai patenkins jų poreikius ir tikslus, mažiausiai kainuos ir mažiausiai pažeis kitų suinteresuotų grupių poreikius ir tikslus. Šio

įvertinimo rezultatams išreikšti vartojama projekto naudingumo laipsnio sąvoka. Daugiakriterės analizės rezultatai pateikiami 42 lentelėje.

42 lentelė. Daugiakriterė analizė

Alternatyvas apibūdinanti informacija									
Nagrinėjami kriterijai	*	Reikšmingumas	Matavimo vienetai	Nagrinėjami variantai					
				1	2	...	j	...	n
X_1	\tilde{z}_1	q_1	m_1	d_{11}	d_{12}	...	d_{1j}	...	d_{1n}
X_2	\tilde{z}_2	q_2	m_2	d_{21}	d_{22}	...	d_{2j}	...	d_{2n}
X_3	\tilde{z}_3	q_3	m_3	d_{31}	d_{32}	...	d_{3j}	...	d_{3n}
...
X_i	\tilde{z}_i	q_i	m_i	d_{i1}	d_{i2}	...	d_{ij}	...	d_{in}
...
X_m	\tilde{z}_m	q_m	m_m	d_{m1}	d_{m2}	...	d_{mj}	...	d_{mn}
Maksimizuojančių normalizuotų rodiklių suma				S_{+1}	S_{+2}	...	S_{+j}	...	S_{+n}
Minimizuojančių normalizuotų rodiklių suma				S_{-1}	S_{-2}	...	S_{-j}	...	S_{-n}
Nagrinėjamo varianto reikšmingumas				Q_1	Q_2	...	Q_j	...	Q_n
Nagrinėjamo varianto prioritetiškumas				P_1	P_2	...	P_j	...	P_n
Nagrinėjamo varianto naudingumo laipsnis				N_1	N_2	...	N_j	...	N_n

* – nagrinėjamų kriterijų reikšmingumas (atitinkamai didesnis arba mažesnis) labiau atitinka užsakovo reikalavimus

5 etapas. Varianto a_j naudingumo laipsnis N_j nustatomas pagal šią formulę:

$$N_j = (Q_j / Q_{\max}) \cdot 100 \%, \quad 13 \text{ formulė}$$

čia N_j – naudingumo laipsnis,

Q_j – alternatyvos reikšmingumas,

Q_{\max} – didžiausias alternatyvos reikšmingumas.

Naudingumo laipsnis N_j išreiškia suinteresuotų grupių tikslų pasiekimo lygį. Kuo daugiau ir reikšmingesnių tikslų pasiekta, tuo didesnis naudingumo laipsnis¹⁹.

¹⁹ KAKLAUSKAS, A.; ZAVADSKAS, E. K.; RASLANAS, S. *op. cit.*, p. 361–372.

TAIKYMO PAVYZDŽIAI

10 pavyzdys. Klientų aptarnavimo būdų palyginimas: elektros skirstomųjų tinklų operatoriaus atvejis

Elektros skirstomųjų tinklų operatorius aptarnauja 5 mln. klientų. Jo užduotis – patikimai tiekti elektros energiją, kurti vertę kiekvienam klientui. Tai aukštos reputacijos įmonė, kuria didžiuojasi darbuotojai, akcininkai ir visuomenė.

PROBLEMOS ESMĖ. Pagrindinės tiriamos bendrovės funkcijos yra tiekti vartotojams elektros energiją skirstymo tinklais, tenkinti vartotojų poreikius, tinkamai prie tinklų prijungti naujus vartotojus, eksploatuoti skirstomuosius tinklus, juos prižiūrėti, valdyti ir plėsti, užtikrinti jų saugumą ir patikimumą. Dėl elektros rinkos liberalizavimo šios įmonės pelnas sumažėjo, todėl bendrovė siekdama sumažinti sąnaudas siekia optimizuoti veiklą, mažina klientų aptarnavimo centrų skaičių, diegia ir plėtoja nuotolinius klientų aptarnavimo būdus. Tačiau nuotolinis klientų aptarnavimas nėra labai populiarus, todėl sklandų aptarnavimą siekiama užtikrinti visais turimais būdais. Šiuo metu yra trys būdai: visoje šalyje išsidėstę klientų aptarnavimo centrai (toliau – ir KAC), interneto svetainė ir trumpasis klientų aptarnavimo numeris.

SPRENDIMO DALYVIAI. Elektros skirstomųjų tinklų operatoriaus organizacinė valdymo struktūra yra didelė, nes jis aptarnauja 5 mln. klientų. Generalinis direktorius savo sprendimus turi derinti su stebėtojų taryba ir valdyba. Organizacijoje yra finansų ir administravimo tarnyba, klientų aptarnavimo tarnyba, elektros tinklų tarnyba, projektų valdymo tarnyba ir organizacijos plėtros ir komunikacijos tarnyba. Šiuo atveju pagrindiniai sprendimo dalyviai bus klientų aptarnavimo tarnybos direktorius ir tos tarnybos vadybininkai. Be abejo, sprendimo dalyviams priskiriami ir kitų tarnybų atstovai, pavyzdžiui, finansų ir administravimo tarnybos, organizacijos plėtros ir komunikacijos tarnybos direktoriai. Netiesioginiai sprendimo dalyviai yra klientai. Jie apklausiami ir analizuojami jų atsakymai.

SPRENDIMO TIKSLAS. Pagal vertinimo kriterijus reikia išanalizuoti skirstomųjų tinklų įmonės klientų aptarnavimo būdų savitarnos svetainės, klientų aptarnavimo trumpuoju telefonu ir klientų aptarnavimo centrų veiklos kokybę ir nustatyti, koks klientų aptarnavimo būdas šiuo metu klientams patogiausias. Priimant sprendimą, svarbu numatyti padarinius ir teisingai nustatyti alternatyvų pranašumus ir trūkumus.

PRADINIAI DUOMENYS. Buvo išskirti pagrindiniai kriterijai, pagal kuriuos bus vertinama klientų aptarnavimo būdų kokybė (žr. 43, 44 ir 45 lenteles).

43 lentelė. Klientų aptarnavimo būdai ir jų žymėjimas

Klientų aptarnavimo būdų alternatyvos	Žymėjimas
Savitarnos svetainė	ME
Trumpasis klientų aptarnavimo telefonas	0888
Klientų aptarnavimo centrai	KAC

44 lentelė. Pasirinktų kriterijų aprašas

Kriterijai	Žymėjimas	Aprašas
Kompetencija	K	Tai kokybinis rodiklis, išreikštas balais ir nusakantis darbuotojų, sprendžiančių klientų, kurie kreipiasi tam tikru būdu, klausimus, gebėjimą išspręsti problemą arba greitai ir kokybiškai pateikti teisingą atsakymą.
Informacijos tikslumas	IT	Tai kokybinis rodiklis, išreikštas balais, nusakantis pasirinktų klientų pateiktos su sprendžiamu klausimu susijusios informacijos tikslumą.
Operatyvumas	O	Tai kokybinis rodiklis, išreikštas balais, nusakantis, kaip greitai klientas gauna atsakymą į pateiktą klausimą arba kaip greitai išsprendžiama jo problema.
Lokalumas	L	Tai kokybinis rodiklis, išreikštas balais, nusakantis klientų aptarnavimo būdo pasiekiamumą, klientų aptarnavimo centrų artumą, interneto arba telefoninio ryšio buvimą arba trūkumą.
Patogumas	P	Tai kokybinis rodiklis, išreikštas balais, nusakantis klientų lūkesčius, įpročius ir galimybes.

SPRENDIMAS. Klientų aptarnavimo būdų daugiakriterės analizės tyrimui atlikti ir kokybinių kriterijų reikšmingumui nustatyti pasirinktas ekspertinis metodas. Šie rodikliai nustatomi apklausus ekspertus, kuriems buvo pateiktos anketos. Ekspertais paskirti bendrovės darbuotojai, dirbantys su elektroninėmis užklausomis arba tiesiogiai bendraujantys su vartotojais. Dešimt ekspertų gavo po dvi paruoštas anketas. Pirmiausia reikia įvertinti rodiklių reikšmingumą. Rodiklių reikšmingumui įvertinti iš pradžių pasirenkamas svarbiausias rodiklis, kurio reikšmingumas prilyginamas 10 balų. Visi kiti rodikliai lyginami su svarbiausiuoju. Siūloma vertinimo skalė yra nuo 1 iki 10 balų. Kokybinių kriterijų reikšmės gali būti nustatomos taip:

1. Išrenkama geriausia kriterijaus reikšmė x_{ger} .
2. Nagrinėjamo kriterijaus geriausiai reikšmei suteikiama reikšmė, lygi 1 ($x_{ger} = 1$).
3. Nustatoma, kiek procentų (p_i) visos kitos to paties kriterijaus reikšmės (x_i) yra blogesnės už geriausią ($x_{ger} = 1$).
4. Visoms kitoms kriterijų reikšmėms suteikiamos santykinės reikšmės ($x_i = 1 - \frac{p_i}{100}$) dydis.
5. Visų kriterijų santykinės reikšmės perskaičiuojamos taip, kad jų suma būtų lygi 1.

45 lentelė. Kiekybinis kriterijų (rodiklių) vertinimas

Eil. Nr.	Kriterijus (rodiklis)	Šių kriterijų (rodiklių) reikia		Jūsų įvertinimas (nuo 1 iki 10)	Optimizuojamas balas $x_{ger} = 1$
		Maksimizuoti	Minimizuoti		
1.	Kompetencija				
2.	Informacijos tikslumas				
3.	Operatyvumas				
4.	Lokalumas				
5.	Patogumas				

1, 2 – nereikšmingas rodiklis; 3, 4 – mažai reikšmingas rodiklis; 5, 6 – vidutiniškai reikšmingas rodiklis; 7, 8 – reikšmingas rodiklis; 9, 10 – labai reikšmingas rodiklis.

Įvertinus rodiklių reikšmingumą reikia įvertinti kokybinius rodiklius (žr. 46 lentelę). Kokybiniai rodikliai vertinami pagal penkiabalę skalę. Lyginamų objektų analizės rezultatai pateikiami sprendimų priėmimo matricos pavidalu; stulpeliai išreiškia nagrinėjamus alternatyvius n variantus, o eilutėse pateikiama kiekybinė ir koncepcinė nagrinėjamas alternatyvas išsamiai apibūdinanti informacija.

46 lentelė. Kokybinių kriterijų (rodiklių) vertinimas

Eil. Nr.	Kriterijus (rodiklis)	Ši kriterijų (rodiklį) reikia		Alternatyvos		
		Maksimizuoti	Minimizuoti	ME	1888	KAC
1.	Kompetencija					
2.	Informacijos tikslumas					
3.	Operatyvumas					
4.	Lokalumas					
5.	Patogumas					

5 – geriausiai vertinama, 1 – prasčiausiai vertinama.

Taip pat galima nustatyti ir pradinį kriterijų reikšmingumą. Konkretaus kriterijaus reikšmingumo fizinė prasmė parodo, kiek kartų jo naudingumas projektui yra didesnis (mažesnis), palyginti su kito kriterijaus naudingumu. Pavyzdžiui, informacijos tikslumas ekspertinio vertinimo metodais buvo įvertintas vidutiniškai 2 balais, o patogumas – 3,3 balo, t. y. tyrėjams patogumas atrodė 1,65 karto svarbesnis kriterijus negu informacijos tikslumas. Apklausus visus ekspertus, visi gauti rezultatai surašyti į vieną bendrą lentelę (žr. 47 lentelę).

47 lentelė. Ekspertinio vertinimo rezultatų lentelė

Eil. Nr.	Kriterijus	Mato vnt.	ME										Iš viso	Vid.	Reikšmingumas Q_{ME}
			E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10			
1.	Kompetencija	balai	1	3	5	2	2	4	3	5	1	1	27	2,7	$Q_{ME1} = 0,2$
2.	Informacijos tikslumas	balai	3	4	2	1	1	1	2	3	2	1	20	2,0	$Q_{ME2} = 0,15$
3.	Operatyvumas	balai	1	1	1	2	2	2	2	3	1	4	19	1,9	$Q_{ME3} = 0,14$

3.1. METODAS: DAUGIAKRITERĖ ANALIZĖ PRIORITETAMS NUSTATYTI

4.	Lokalumas	balai	2	2	2	3	5	5	5	4	5	4	37	3,7	$Q_{ME4} = 0,27$
5.	Patogumas	balai	5	5	4	3	4	2	1	1	5	3	33	3,3	$Q_{ME5} = 0,24$
IŠ VISO													136	13,6	1
Eil. Nr.	Kriterijus	Mato vnt.	1802										Iš viso	Vid.	Reikšmingumas Q_{1888}
			E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10			
1.	Kompetencija	balai	1	1	2	2	1	3	3	3	2	1	19	1,9	$Q_{1888\ 1} = 0,12$
2.	Informacijos tikslumas	balai	4	2	3	3	3	2	2	2	2	3	26	2,6	$Q_{1888\ 2} = 0,16$
3.	Operatyvumas	balai	4	4	5	2	2	3	2	2	3	1	28	2,8	$Q_{1888\ 3} = 0,17$
4.	Lokalumas	balai	5	5	5	5	4	4	5	4	5	5	51	5,1	$Q_{1888\ 4} = 0,31$
5.	Patogumas	balai	4	5	4	5	5	4	4	3	4	2	40	4,0	$Q_{1888\ 5} = 0,24$
IŠ VISO													164	16,4	1
Eil. Nr.	Kriterijus	Mato vnt.	KAC										Iš viso	Vid.	Reikšmingumas Q_{KAC}
			E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10			
1.	Kompetencija	balai	5	5	4	4	4	3	4	5	5	5	44	4,4	$Q_{KAC1} = 0,26$
2.	Informacijos tikslumas	balai	4	4	4	4	5	5	5	5	4	3	23	2,3	$Q_{KAC2} = 0,14$
3.	Operatyvumas	balai	3	3	4	4	4	5	5	5	4	3	40	4,0	$Q_{KAC3} = 0,24$
4.	Lokalumas	balai	1	2	2	2	3	3	3	2	2	2	22	2,2	$Q_{KAC4} = 0,13$
5.	Patogumas	balai	3	5	5	5	4	2	5	4	5	4	38	3,8	$Q_{KAC5} = 0,23$
IŠ VISO													167	16,7	1

$E_n = [1 \dots 10]$ – konkretaus eksperto įvertinimas.

Vidurkis (žymėjime V_{vidurkis}) skaičiuojamas pagal formulę:

$$V_{\text{vidurkis}} = \frac{\sum_{j=1}^n E_j}{n}, \quad 14 \text{ formulė}$$

čia $i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n};$

Reikšmingumas (žymėjime Q) skaičiuojamas pagal formulę:

$$Q_i = \frac{x_{\text{ivid}}}{V_{\text{vidurkis}}}, \quad 15 \text{ formulė}$$

čia $i = \overline{1, 5}.$

Toliau žr. 48 lentelę.

48 lentelė. Reikšmingumo skaičiavimas

Savitarnos svetainė (ME) pagal visus penkis kriterijus	Klientų aptarnavimo telefonas 0888 (0888) pagal visus penkis kriterijus	Klientų aptarnavimo centrai (KAC) pagal visus penkis kriterijus
$Q_{ME1} = \frac{2,7}{13,6} = 0,20$	$Q_{1802\ 1} = \frac{1,9}{16,4} = 0,12$	$Q_{KAC1} = \frac{4,4}{16,7} = 0,26$
$Q_{ME2} = \frac{2,0}{13,6} = 0,15$	$Q_{1802\ 2} = \frac{2,6}{16,4} = 0,16$	$Q_{KAC2} = \frac{2,3}{16,7} = 0,14$
$Q_{ME3} = \frac{1,9}{13,6} = 0,14$	$Q_{1802\ 3} = \frac{2,8}{16,4} = 0,17$	$Q_{KAC3} = \frac{4,0}{16,7} = 0,24$
$Q_{ME4} = \frac{3,7}{13,6} = 0,27$	$Q_{1802\ 4} = \frac{5,1}{16,4} = 0,31$	$Q_{KAC4} = \frac{2,2}{16,7} = 0,13$
$Q_{ME5} = \frac{3,3}{13,6} = 0,24$	$Q_{1802\ 5} = \frac{4,0}{16,4} = 0,24$	$Q_{KAC5} = \frac{3,8}{16,7} = 0,23$

Reikšmingumo vertės turi tenkinti sąlygą, kad $Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = 1$.

$$Q_{ME1} + Q_{ME2} + Q_{ME3} + Q_{ME4} + Q_{ME5} \quad 0,20 + 0,15 + 0,14 + 0,27 + 0,24 = 1$$

$$Q_{1802\ 1} + Q_{1802\ 2} + Q_{1802\ 3} + Q_{1802\ 4} + Q_{1802\ 5} \quad 0,12 + 0,16 + 0,17 + 0,31 + 0,24 = 1$$

$$Q_{KAC1} + Q_{KAC2} + Q_{KAC3} + Q_{KAC4} + Q_{KAC5} \quad 0,26 + 0,14 + 0,24 + 0,13 + 0,23 = 1$$

Tada visi duomenys surašomi į pradinį duomenų lentelę (žr. 49 lentelę), kiekybiniais alternatyvų kriterijams priskiriami reikšmingumai ir nustatomi maksimizuojantys ir minimizuojantys kriterijai. Yra išvestas atitinkamas reikšmingumų Q vidurkis ir iki sveiko skaičiaus suapvalintas nagrinėjamų alternatyvų balų vidurkis.

49 lentelė. Kriterijų reikšmingumo ir alternatyvų balų vidurkis

Nagrinėjami kriterijai	Reikšmin- gumas	*	Matavimo vienetai	Nagrinėjamos alternatyvos		
				ME	0888	KAC
Kompetencija	0,2	+	balai	$V_{\text{vidurkis}} = 3, d_{11}$	$V_{\text{vidurkis}} = 2, d_{12}$	$V_{\text{vidurkis}} = 4, d_{13}$
Informacijos tikslumas	0,2	+	balai	$V_{\text{vidurkis}} = 2, d_{21}$	$V_{\text{vidurkis}} = 3, d_{22}$	$V_{\text{vidurkis}} = 2, d_{23}$
Operatyvumas	0,2	-	balai	$V_{\text{vidurkis}} = 2, d_{31}$	$V_{\text{vidurkis}} = 3, d_{32}$	$V_{\text{vidurkis}} = 4, d_{33}$
Lokalumas	0,2	-	balai	$V_{\text{vidurkis}} = 4, d_{41}$	$V_{\text{vidurkis}} = 5, d_{42}$	$V_{\text{vidurkis}} = 2, d_{43}$
Patogumas	0,2	+	balai	$V_{\text{vidurkis}} = 3, d_{51}$	$V_{\text{vidurkis}} = 4, d_{52}$	$V_{\text{vidurkis}} = 4, d_{53}$

* – ženklas (+) rodo, kad atitinkamai didesnis (mažesnis) kriterijaus reikšmingumas labiau atitinka užsakovo reikalavimus

Pradinėje duomenų lentelėje matyti, kad nagrinėjamų kriterijų reikšmingumas yra vienodas. Tai reiškia, kad nagrinėjamoms alternatyvoms įvertinti pasirinkti kriterijai vienodai svarbūs visiems ekspertams, bendrovės darbuotojams ir klientams. Nagrinėjamų alternatyvų svarbą ekspertai vertino įverčio svoriais nuo vieno iki penkių, tačiau nė vienas kriterijus nebuvo įvertintas 1 (labai blogai). Geriausiai įvertintas alternatyvos 0888 lokalumo kriterijus (5 – puikiai). Tai reiškia, kad klientams dėl pasiekiamumo visą parą labai svarbus aptarnavimas trumpuoju telefonu 0888.

Toliau atliekant daugiakriterę analizę sudaroma įvertinta normalizuota sprendimų matrica, siekiant iš lyginamų rodiklių gauti normalizuotus įvertintus pritaikomos formulės dydžius (žr. 50 lentelę). Žinant normalizuotus dydžius visus skirtingų matavimo vienetų rodiklius galima palyginti taikant 8 formulę:

50 lentelė. Normalizuotų įverčių skaičiavimas

Savitarnos svetainė (ME) pagal visus penkis kriterijus	Klientų aptarnavimas telefonu 0888 pagal visus penkis kriterijus	Klientų aptarnavimo centrai (KAC) pagal visus penkis kriterijus
$d_{11} = \frac{3 \cdot 0,2}{9} = 0,07$	$d_{12} = \frac{2 \cdot 0,2}{9} = 0,04$	$d_{13} = \frac{4 \cdot 0,2}{9} = 0,09$
$d_{21} = \frac{2 \cdot 0,2}{7} = 0,06$	$d_{22} = \frac{3 \cdot 0,2}{7} = 0,09$	$d_{23} = \frac{2 \cdot 0,2}{7} = 0,06$
$d_{31} = \frac{2 \cdot 0,2}{9} = 0,04$	$d_{32} = \frac{3 \cdot 0,2}{9} = 0,07$	$d_{33} = \frac{4 \cdot 0,2}{9} = 0,09$
$d_{41} = \frac{4 \cdot 0,2}{11} = 0,07$	$d_{42} = \frac{5 \cdot 0,2}{11} = 0,09$	$d_{43} = \frac{2 \cdot 0,2}{11} = 0,04$
$d_{51} = \frac{3 \cdot 0,2}{11} = 0,05$	$d_{52} = \frac{4 \cdot 0,2}{11} = 0,07$	$d_{53} = \frac{4 \cdot 0,2}{11} = 0,07$

Pagal 10 formulę (žr. 51 lentelę) apskaičiuotos j variantą apibūdinančios maksimizuojančios ir minimizuojančios reikšmės, t. y. *max* rodiklių sumos ir *min* rodiklių sumos:

51 lentelė. Maksimizuojančios ir minimizuojančios tikslo vertės

Savitarnos svetainėje „Elektros duomenys“	Klientų aptarnavimo telefonu 0888	Klientų aptarnavimo centruose
$S_{+j(11)} = 0,07 + 0,06 + 0,05 = 0,18$ $S_{-j(11)} = 0,04 + 0,07 = 0,11$	$S_{+j(12)} = 0,04 + 0,09 + 0,07 = 0,2$ $S_{-j(12)} = 0,07 + 0,09 = 0,16$	$S_{+j(13)} = 0,09 + 0,06 + 0,07 = 0,22$ $S_{-j(13)} = 0,09 + 0,04 = 0,13$

Kuo didesnis S_{+j} dydis, tuo labiau alternatyva atitinka užsibrėžtus tikslus. Kuo mažesnis S_{-j} dydis, tuo sėkmingiau pasiekti užsibrėžti tikslai. Santykinis alternatyvos reikšmingumas Q_j rodo suinteresuotų grupių tikslų ir poreikių pasiekimo lygį ir nustatomas remiantis juos apibūdinančiomis teigiamomis S_{+j} ir neigiamomis S_{-j} savybėmis. Q_j apskaičiuojamas pagal formulę:

$$Q_j = S_{+j} + \frac{S_{-\min} \sum_{j=1}^m S_{-}}{S_{+j} + \sum_{j=1}^m \frac{S_{-\min}}{S_{-}}}, \quad 16 \text{ formulė}$$

čia Q_j – alternatyvos reikšmingumas,
 S_{+j} – j maksimizuojančių reikšmių suma,
 S_{-j} – minimizuojančių reikšmių suma,

$$Q_1 = 0,18 + \frac{0,11 \cdot (0,11 + 0,16 + 0,13)}{0,11 \cdot \left(\frac{0,11}{0,11} + \frac{0,11}{0,16} + \frac{0,11}{0,13} \right)} = 0,338 \quad \text{savitarnos svetainėje,}$$

$$Q_2 = 0,2 + \frac{0,11 \cdot (0,11 + 0,16 + 0,16)}{0,16 \cdot \left(\frac{0,11}{0,11} + \frac{0,11}{0,16} + \frac{0,11}{0,13} \right)} = 0,309 \quad \text{klientų aptarnavimo telefonu 0888,}$$

$$Q_3 = 0,22 + \frac{0,11 \cdot (0,11 + 0,16 + 0,13)}{0,13 \cdot \left(\frac{0,11}{0,11} + \frac{0,11}{0,16} + \frac{0,11}{0,13} \right)} = 0,354 \quad \text{klientų aptarnavimo centruose.}$$

Nustatytas objektų prioritetiškumas. Kuo didesnis Q_j , tuo didesnis varianto prioritetiškumas (efektyvumas). Efektyviausios alternatyvos reikšmingumas Q_{\max} yra didžiausias.

$$Q_3 > Q_1 > Q_2 \quad 17 \text{ formulė}$$

Analizuojant skirstomųjų tinklų klientų aptarnavimo būdų alternatyvas nustatyta, kad kol kas klientų aptarnavimo centrai įvertinti geriausiai (0,354 balo), savitarnos svetainė įvertinta kaip mažiau svarbi, o klientų aptarnavimo telefonu 0888 svarba mažiausia. Vadinasi, visų apklaustų ekspertų poreikius geriausiai tenkina klientų aptarnavimo centrai.

Projekto q_j naudingumo laipsnis N_j išreiškia suinteresuotų grupių tikslų pasiekimo lygį. Kuo daugiau ir reikšmingesnių tikslų pasiekta, tuo didesnis naudingumo laipsnis. Nustačius, kuri alternatyva reikšmingiausia ekspertui, galima apskaičiuoti, kuris projektas priimtiniausias klientui ir naudingesnis bendrovei. Naudingumo laipsnis apskaičiuojamas pagal 13 formulę:

$$N_1 = \frac{0,338}{0,354} \cdot 100 \% = 95,48 \% \quad \text{savitarnos svetainėje,}$$

$$N_2 = \frac{0,339}{0,354} \cdot 100 \% = 28,29 \% \quad \text{klientų aptarnavimo telefonu 0888,}$$

$$N_3 = \frac{0,354}{0,354} \cdot 100 \% = 100 \% \quad \text{klientų aptarnavimo centruose.}$$

Sudaroma daugiakriterių pradinių duomenų lentelė, į kurią surašomi gauti rezultatai (žr. 52 lentelę).

52 lentelė. Daugiakriterių duomenų lentelė

Nagrinėjami kriterijai	Reikšmingumas	*	Matavimo vienetai	Nagrinėjamos alternatyvos		
				ME	1888	KAC
Kompetencija	0,2	+	balai	0,07	0,04	0,09
Informacijos tikslumas	0,2	+	balai	0,06	0,09	0,06
Operatyvumas	0,2	–	balai	0,04	0,07	0,09
Lokalumas	0,2	–	balai	0,07	0,09	0,04
Patogumas	0,2	+	balai	0,05	0,07	0,07
Maksimizuojančių normalizuotų įvertintų rodiklių suma S_{+j}				0,18	0,2	0,22
Minimizuojančių normalizuotų įvertintų rodiklių suma S_{-j}				0,11	0,16	0,13
Reikšmingumas Q_j				0,338	0,309	0,354
Prioritetiškumas				2	3	1
Naudingumo laipsnis N_j				86,25 %	63,75 %	100 %

* – ženklas + (–) rodo, kad atitinkamai didesnis (mažesnis) kriterijaus reikšmingumas labiau atitinka užsakovo reikalavimus

ATSAKYMAS. $N_1 = 86,25 \%$, $N_2 = 63,75 \%$, $N_3 = 100 \%$.

IŠVADOS IR INTERPRETACIJA. Paaiškėjo, kad ekspertai trečią alternatyvą pasirinko kaip geriausią variantą. Klientų aptarnavimo centrai įvertinti kaip geriausiai atitinkantys klientų lūkesčius ir patenkinantys bendrovės keliamus reikalavimus. Nors klientų aptarnavimo centrai ne visada būna klientui patogioje vietoje, informacija ne visada suteikiama kokybiškai, tačiau klientai pripratę tvarkyti reikalus su žmogumi, o ne su mechanizmais. Savitarnos svetainė „Elektros duomenys“ tampa vis populiareesnė, tačiau klientai kaip kompetentingais darbuotojais labiau pasitiki klientų aptarnavimo centrų vadybininkais.

11 pavyzdys. Ekspertinis investavimo projekto rezultatų vertinimas: regioninės savivaldybės ligoninės pastato renovavimas

Ligoninė yra rajono savivaldybės įsteigta viešoji įstaiga, teikianti pirminės ir antrinės asmens sveikatos priežiūros paslaugas pagal sutartis su užsakovais. Įstaiga yra pelno nesiekiantis ribotos civilinės atsakomybės viešasis juridinis asmuo, kuriam būdingas ūkinis, finansinis, organizacinis ir teisinis savarankiškumas. Pagrindinės ligoninės veiklos sritys – teikti būtinąją medicinos pagalbą, organizuoti ir teikti pirminės ir antrinės asmens sveikatos priežiūros paslaugas, kurias teikti teisę suteikia įstaigos asmens sveikatos priežiūros licencija.

PROBLEMOS TURINYS. Rajono ligoninei ilgokai trūko finansavimo, todėl ji mažai investavo į infrastruktūrą. ES struktūrinė parama padėjo sutelkti dėmesį į pastatų renovavimą, įgyvendinti projektą, kurio tikslas – pagerinti pastato mikroklimatą, sutaupyti energijos didinant jos vartojimo efektyvumą.

Pagrindinės su pastato būkle iki investavimo susijusios ligoninės problemos buvo šios: suvartojamas didelis šilumos energijos kiekis, šilumos energija naudojama neefektyviai, prastas patalpų mikroklimatas. Tačiau net ir turint lėšų investicijoms išlieka problema, kaip sėkmingai pasirinkti veiksmingą investavimo projekto strategiją ir renovuoti, o tai reiškia, kad renovavimo projekto efektyvumo vertinimas yra kompleksinė problema.

SPRENDIMO DALYVIAI. Už ligoninės infrastruktūrą ir pastatų būklę atsakingas bendrųjų reikalų skyrius. Todėl šis skyrius kartu su viešųjų pirkimų ir projektų skyriumi rengė projektą, kurio tikslas – pagerinti pastato mikroklimatą, sutaupyti energijos, pagerinti energijos vartojimą. Vertinant projektą, buvo pakviesti penki nepriklausomi ekspertai ir ligoninės atstovai. Todėl sprendimų dalyviai yra skyriaus vedėjai, penki ekspertai ir ligoninės direktorius.

SPRENDIMO TIKSLAS. Taikant daugiakriterius analizės metodus ir remiantis ekspertų žiniomis, reikia įvertinti investavimo projekto sėkmingumą, nustatyti atrinktų vertinimo rodiklių reikšmes, patikrinti ekspertų suderinamumo lygį, įvertinti rodiklių svarbos kitimo intervalus, nustatyti vertinamųjų objektų veiklos veiksmingumą.

PRADINIAI DUOMENYS. Kokybiškai vertinant ligoninės pastato renovaciją, taikytas ekspertinis vertinimo metodas, kuriuo susistemintos atskirų ekspertų nuomonės ir randamas problemos sprendimas. Penkiems atrinktiems ekspertams (jų vertinimo rezultatai pažymėti X_1, X_2, \dots, X_5) buvo pateiktas klausimas. Visi ekspertai tiesiogiai arba iš dalies susiję su analizuojamuoju projektu.

Ekspertai buvo paprašyti nuo 1 iki 6 balų įvertinti ligoninės pastato renovacijos rezultatus. 1 balas reiškė „visiškai nesėkmingas“, o 6 balai – „labai sėkmingas“. Projektas vertintas pagal šešis rodiklius: renovuoto pastato būklė pagerinta, atitinka visus statybų reglamentus, šilumos energijos suvartojimas sumažėjo 622,5 MWh per metus, energijos vartojimo veiksmingumas padidėjo 58,3 proc., garantuota gydymo veiklai ir pacientų gydymuisi palanki aplinka, padaugėjo aptarnaujamų pacientų, teikiamos kokybiškesnės paslaugos.

Suformuluojamos hipotezės, pagal kurias bus patikrinta, ar ekspertų vertinimai dera tarpusavyje:

H_0 : ekspertų vertinimai prieštaringi, t. y. projektas visiškai nesėkmingas.

H_1 : ekspertų vertinimai panašūs, t. y. projektas sėkmingas.

53 lentelėje pateikiami ekspertų vertinimo duomenys (rangai), jų sumos, vidurkiai ir nuokrypio kvadratai:

53 lentelė. Ekspertų vertinimo duomenys ir skaičiavimo rezultatai

Eksperto Nr.	R1	R2	R3	R4	R5	R6
X_1	5	6	2	4	1	3
X_2	6	5	3	3	2	2
X_3	5	6	3	4	1	2
X_4	5	6	2	4	1	3
X_5	5	6	3	4	1	2
Rangų suma $\sum_{i=1}^m x_{ij}$	26	29	13	19	6	12
Rangų sumų vidurkis a	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
Nuokrypio kv.	72,25	132,25	20,25	2,25	132,25	30,25

SPRENDIMAS.

Rangų sumų vidurkis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$a = 0,5 \cdot m \cdot (k + 1), \quad 18 \text{ formulė}$$

čia m – ekspertų skaičius, k – aukščiausias įvertinimo balas.

Šiuo atveju: $a = 0,5 \cdot 5 \cdot (6 + 1) = 17,5$.

Nuokrypio kvadratas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$S^2 = \sum_{j=1}^k \left(\sum_{i=1}^m x_{ij} - a \right)^2, \quad 19 \text{ formulė}$$

čia X_{ij} – rangų suma, a – rangų sumų vidurkis.

$$(26 - 17,5)^2 = 72,25$$

$$(19 - 17,5)^2 = 2,25$$

$$(29 - 17,5)^2 = 132,25$$

$$(6 - 17,5)^2 = 132,25$$

$$(13 - 17,5)^2 = 20,25$$

$$(12 - 17,5)^2 = 30,25$$

Šiuo atveju:

$$S^2 = (26 - 17,5)^2 + (29 - 17,5)^2 + (13 - 17,5)^2 + (19 - 17,5)^2 + (6 - 17,5)^2 + (12 - 17,5)^2 = 72,25 + 132,25 + 20,25 + 2,25 + 132,25 + 30,25 = 389,5.$$

Antroje eilutėje yra dvi vienodo tipo rangų grupės: 2, 2 ir 3, 3, todėl $T_2 = (2^3 - 2) + (2^3 - 2) = 12$, $T_1 = 12$.

Konkordancijos koeficientas skaičiuojamas pagal formulę:

$$W = \frac{12S^2}{m^2(k^3 - k) - m \sum_{i=1}^r T_i}, \quad 20 \text{ formulė}$$

čia m – ekspertų skaičius, k – aukščiausias įvertinimo balas.

$$W = 12 \cdot 389,5/5^2 (6^3 - 6) - 6 \cdot 12 = 0,903.$$

Sprendimui priimti taikomas X^2 kriterijus: $X^2 = mfW$ turi X^2 skirstinį $f = k - 1$ laipsniu. Šiuo atveju $m = 5, f = 5, \alpha = 0,05$, todėl $X^2 = 5 \cdot (6 - 1) \cdot 0,903 = 22,58$.

$22,58 > X_{krit}^2 \cdot (0,05; 5) = 11,070$, todėl ekspertų nuomonių suderinamumo hipotezė neatmetama. Galima daryti išvadą, kad projektas „Ligoninės pastato renovacija“ įgyvendintas sėkmingai. Ekspertinio vertinimo rezultatų svertinis koeficientas įvertintas 0,5 balo iš 0,5 balų galimų, nes patvirtino ekspertų nuomonių suderinamumo hipotezę. Atliktas dvipusis kriterijų vertinimas. Jų rodiklių svarba vienoda (po 0,5), vadinasi, bendrasis kriterijaus įvertinimas lygus 1. Taigi projektas buvo sėkmingas.

Projekto tikslai pasiekti. Projekto apimtis, sąmata ir sektorius, kuriame jis vykdomas, neturi įtakos jo įgyvendinimo rezultatui.

ATSAKYMAS. $W = 0,903$.

IŠVADOS. Buvo iškeltos dvi hipotezės: H_0 – kad ekspertų vertinimai prieštaringi, H_1 – kad ekspertų vertinimai panašūs. Joms įrodyti buvo skaičiuojamas konkordancijos koeficientas. Konkordancijos koeficientas $W = 0,903$, todėl H_1 hipotezė neatmetama ir galima daryti išvadą, kad projektas įgyvendintas sėkmingai. Bendras VšĮ Mažeikių ligoninės projekto vertinimas lygus 1, kiekybinio ir kokybinio tyrimų lyginamoji svarba vienoda: projektas sėkmingas.

3.2. METODAS: HIERARCHINĖS ANALIZĖS TAIKYMAS

Šis metodas yra žinomiausias ir dažniausiai taikomas visame pasaulyje. Hierarchijos analizės metodą AHP (angl. *Analytic Hierarchy Process*) pasiūlė T. Saaty²⁰. Jo pagrindą sudaro porinio palyginimo matrica P . Ekspertai lygina tarpusavyje visus vertinamus kriterijus R_i ir R_j ($i, j = 1, \dots, m$), čia m – kriterijų skaičius²¹.

T. Saaty pasiūlė vertinti pagal dažnai naudojamą penkiabalę arba kartais naudojamą devynbalę (1–3–5–7–9) skalę. Matricos P elementai yra skaičiai nuo $p_{ij} = 1$. Čia abiejų lyginamų kriterijų reikšmingumai tiriamo reiškinio požiūriu yra vienodi iki $p_{ij} = 9$, o kriterijus R_i yra nepalyginamai svarbesnis už kriterijų R_j . Matricos P elementus p_{ij} galima vertinti kaip kriterijų R_i ir R_j reikšmių santykius: $p_{ij} = \omega_i / \omega_j$ ²²:

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{1m} \\ p_{21} & p_{22} & p_{2m} \\ p_{m1} & p_{m2} & p_{mm} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \frac{w_1}{w_m} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \frac{w_2}{w_m} \\ \frac{w_m}{w_1} & \frac{w_m}{w_2} & \frac{w_m}{w_m} \end{pmatrix}. \quad 21 \text{ formulė}$$

Matrica P yra atvirkštinė simetrinė, t. y. $p_{ij} = 1/p_{ji}$. Nesunku patikrinti, kad nustatant svorius sprendžiamas matricos P tikrinių reikšmių ir tikrinių vektorių $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m)^T$ uždavinys²³:

$$P \omega = \lambda \omega, \quad 22 \text{ formulė}$$

čia tikrinė reikšmė $\lambda = m$; čia m yra palyginimo matricos P eilė, lyginamų kriterijų skaičius.

²⁰ SAATY, T. L. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw Hill, 1980.

²¹ PODVEZKO, V. Application of AHP Technique. In Journal of Business Economics and Management. 2009, vol. 10, no. 2, p. 181–189.

²² SAATY, T. L., *op. cit.*

²³ PODVEZKO, V.; PODVEZKO, A. Kriterijų reikšmingumo nustatymo metodai. Lietuvos matematikų draugijos darbai, ser. B55 t., 2014, p. 111–116.

Irodyta²⁴, kad hierarchijos analizės metodo reikšmės yra didžiausią tikrinę reikšmę λ_{max} atitinkančio tikrinio vektoriaus normalizuotos komponentės. Matricos P suderinamumą, t. y. eksperto kriterijų palyginimo neprieštaringumą, nusako suderinamumo indeksas, apibrėžtas kaip santykis:

$$S_I = (\lambda_{max} - m) / (m - 1) \quad 23 \text{ formulė}$$

Hierarchinės analizės metodas gali būti taikomas, kai reikia suderinti daugelį nuomonių, atsižvelgti į sunkiai kiekybiškai išmatuojamus ar visai neišmatuojamus kriterijus²⁵ ir išrinkti priimtiniausią. Taikant hierarchinės analizės proceso metodą, paisoma dominuojančio santykio principo, rangais skirstomi variantai, nustatomas geriausias variantas. Metodo esmė – tikrinimas vienos alternatyvos pranašumo prieš kitą ir porinis alternatyvų lyginimas. Taikant hierarchinės analizės proceso metodą nedaroma prielaida, kad kriterijai yra nepriklausomi, todėl galima įvertinti rodiklių reikšmių svyravimų ribas. Didžiausias metodo trūkumas tas, kad skaičiavimo metodika neleidžia nustatyti, kiek viena alternatyva geresnė už kitą.

TAIKYMO PAVYZDYS

12 pavyzdys. Investavimo būdo pasirinkimas: regioninės maitinimo įmonės pavyzdys

Maitinimo įmonė plėtėsi iš lėto. Iš pradžių įsigyta kavinė. Kiek vėliau įmonės nuosavybe tapo dar kelios miesto kavinės, maisto prekių parduotuvė, konditerijos cechas, viešbutis ir aukcione įsigytas dabar jau restauruotas malūnas.

²⁴ SAATY, T. L., *op. cit.*

²⁵ DAUKŠAITĖ, G. Ūkininkų ūkių veiklos efektyvumo daugiakriterinis vertinimas. Lietuvos žemės ūkio universitetas, 2011.

PROBLEMOS TURINYS. Pagrindinė įmonės veikla yra teikti patalpų nuomos ir maitinimo paslaugas, priimti užsakymus vestuvėms, gedulingiems pietums ir konferencijoms.

Įmonė ketina plėstis ir nori kreiptis į ES fondus paramos dėl darbo vietų kūrimo. Todėl rengiant projektą svarbu, kad numatyti projekto tikslai ir veiklos būtų prasmingos verslui, klientams, taip pat atitiktų nustatytus ES reikalavimus paramai gauti. Įmonė yra numačiusi tris plėtros scenarijus. Pirmasis: miestelio pakraštyje įrengti laidojimo namus. Pastatas tinka įrengti laidojimo namus, tačiau reikia kapitalinio remonto. Antroji alternatyva yra miestelio centre įrengti kavinę. Miestelyje nėra daug konkuruojančių kavinių, todėl manytina, kad žmonėms trūksta pramogų. Kavinėje galėtų dirbti trys ar keturi darbuotojai. Trečioji alternatyva – miesto centre įrengti maisto prekių parduotuvę. Mieste vyrauja didžiųjų prekybos tinklų parduotuvės: „Maxima“, „Iki“, „Rimi“. Mintis įrengti parduotuvę gali būti patraukli gyventojams ir kartu skatintų smulkiojo ir vidutinio verslo plėtrą.

SPRENDIMO DALYVIAI. Įmonė teikia įvairias viešąsias paslaugas, pavyzdžiui, maitinimo, pardavimo, nakvynės, todėl joje dirba įvairių specialistų. Be to, įmonėje dirba už visus vadybos klausimus atsakingas vadybininkas. Įmonė ketina plėstis ir kreiptis į ES fondus paramos darbo vietoms kurti, todėl pirmiausia reikia nustatyti projekto tikslus ir veiklas. Tai yra vadybininko darbo sritis. Sprendimo dalyviai bus ir sprendimą priimsiantis direktorius, ir klientai, kurie bus apklausiami.

SPRENDIMO TIKSLAS. Įvertinti verslo plėtros planus, išrinkti geriausią projektui rengti.

PRADINIAI UŽDAVINIO DUOMENYS. Planams priskiriami žymėjimai pateikti 54 lentelėje.

54 lentelė. Žymėjimai

Klientų aptarnavimo būdų alternatyvos	Žymėjimas
Laidojimo namų įrengimas	LN
Kavinės įrengimas	KA
Maisto prekių parduotuvės įrengimas	PA

Išskiriami pagrindiniai kriterijai, pagal kuriuos bus vertinami galimi projekto planai (žr. 55 lentelę).

55 lentelė. Kriterijai projekto planams vertinti

Kriterijai	Žymėjimas	Aprašas
Kaina	K	Į projektą investuojamas lėšas nusakantis kriterijus. Įmonei reikia 60 000 eurų, iš kurių 30 proc. yra įmonės lėšos.
Patogumas	Ko	Erdvios, tvarkingos, naujo stiliaus patalpos, kokybiškas, šviežias, tinkamai patiektas maistas, aptarnavimo kokybė, kainų prieinamumas, vasarą vėdinamos patalpos ir pan.
Susisiekimas	S	Atstumas, matuojamas iki atokiausių gyvenamųjų vietų ar miestelio centro.
Aplinka	A	Estetinis aplinkos suvokimas.

SPRENDIMAS. Siekiant užtikrinti, kad planai būtų skaidriai parenkami, o atsitiktinių asmeninių interesų neliktų, nustatant kriterijų vertes atsižvelgta į ekspertų nuomonę. Ekspertai rėmėsi patirtimi, oficialiais ir neoficialiais iš panašias įmones turinčių konkurentų gautais statistikos duomenimis. Ekspertai atitinkamai įvertino numatomus rezultatus, sėkmes ir nesėkmes. Vertinta pagal devynių matmenų skalę: 1 – vienoda svarba, 3 – vidutinė svarba, 5 – svarbu, 7 – labai svarbu, 9 – ypač svarbu. Tarpiniai įvertinimai 2, 4, 6, 8 taip pat galimi, nors nėra dažni, kai reikia rasti išvardytųjų vertinimų kompromisą. Ekspertai savo rezultatus, gautus įvertinus pagal devynių matmenų skalę, surašė į 56 lentelę.

56 lentelė. Vertinimo lentelė pagal devynių matmenų skalę

	Kaina	Patogumas	Susisiekimas	Aplinka	Geometrinis vidurkis	Svarba
Kaina	1	$1 / 9 = 0,11$	$1 / 7 = 0,14$	$1 / 7 = 0,14$	$GV_k = 0,22$	$S_k = 0,04$
Patogumas	9,00	1	$1 / 5 = 0,2$	$1 / 3 = 0,33$	$GV_{ko} = 0,88$	$S_{ko} = 0,15$
Susisiekimas	7,00	5,00	1	$1 / 3 = 0,33$	$GV_s = 1,84$	$S_s = 0,32$
Aplinka	7,00	3,00	3,00	1	$GV_a = 2,82$	$S_a = 0,49$
					$\Sigma GV = 5,76$	

Geometrinis vidurkis yra vidutinė požymio reikšmė, nustatyta tiriant skirtingus objektus. Geometrinis vidurkis skaičiuojamas sudauginant visas reikšmes ir ištraukiant n -tojo laipsnio šaknį:

$$\sqrt[n]{a_1 \cdot a_2 \cdot \dots \cdot a_n}, \quad 24 \text{ formulė}$$

čia a_n – kiekvieno kriterijaus atitinkamos matavimo skalės vienetas.

$$GV_k = \sqrt[4]{1 \cdot 0,11 \cdot 0,14 \cdot 0,14} = 0,22 \quad - \text{ geometrinis kainos vidurkis.}$$

$$GV_k = \sqrt[4]{9,00 \cdot 1 \cdot 0,2 \cdot 0,33} = 0,88 \quad - \text{ geometrinis patogumo įvertinimo vidurkis.}$$

$$GV_k = \sqrt[4]{7,00 \cdot 5,00 \cdot 1 \cdot 0,33} = 1,84 \quad - \text{ geometrinis susisiekimo įvertinimo vidurkis.}$$

$$GV_k = \sqrt[4]{7,00 \cdot 3,00 \cdot 3,00 \cdot 1} = 2,82 \quad - \text{ geometrinis aplinkos įvertinimo vidurkis.}$$

Bendrasis geometrinis vidurkis apskaičiuojamas taip:

$$\sum GV = GV_k + GV_{ko} + GV_s + GV_a \quad 0,22 + 0,88 + 1,84 + 2,81 = 5,76$$

Kiekvieno kriterijaus lyginamoji reikšmė apskaičiuojama pagal formulę:

$$S = GV_i / \sum GV, \quad 25 \text{ formulė}$$

čia GV_i – i -tojo kriterijaus geometrinis vidurkis, $\sum GV$ – bendrasis geometrinis vidurkis.

$S_k = GV_k / \sum GV$	$0,22 / 5,76 = 0,04$	kainos
$S_{ko} = GV_{ko} / \sum GV$	$0,88 / 5,76 = 0,15$	patogumo
$S_s = GV_s / \sum GV$	$1,84 / 5,76 = 0,32$	susisiekimo
$S_a = GV_a / \sum GV$	$2,82 / 5,76 = 0,49$	aplinkos

Atlikus skaičiavimus ir turint kiekvieno kriterijaus lyginamąją reikšmę, būtina atskirai sudaryti kiekvieno kriterijaus alternatyvų matricas, kad būtų galima įvertinti ir palyginti visas galimas alternatyvas (žr. 57, 58, 59 ir 60 lenteles).

57 lentelė. Alternatyvų ir kainos matrica

KAINOS POŽIŪRIU	Laidojimo namai	Kavinė	Parduotuvė	Geometrinis vidurkis	Reikšmė
Laidojimo namai	1	$1 / 3 = 0,33$	$1 / 3 = 0,33$	0,48	$S_{\text{klaid}} = 0,13$
Kavinė	3,00	1	$1 / 3 = 0,33$	1	$S_{\text{kkav}} = 0,28$
Parduotuvė	3,00	3,00	1	2,08	$S_{\text{kpar}} = 0,58$
				$\Sigma 3,56$	

58 lentelė. Alternatyvų ir patogumo matrica

PATOGUMO POŽIŪRIU	Laidojimo namai	Kavinė	Parduotuvė	Geometrinis vidurkis	Reikšmė
Laidojimo namai	1	$1 / 5 = 0,2$	$1 / 3 = 0,33$	0,40	$S_{\text{kolaid}} = 0,10$
Kavinė	5,00	1	$1 / 3 = 0,33$	1,18	$S_{\text{kokav}} = 0,32$
Parduotuvė	3,00	3,00	1	2,08	$S_{\text{kopar}} = 0,57$
				$\Sigma 3,66$	

59 lentelė. Alternatyvų ir susisiekimo matrica

SUSIEKIMO POŽIŪRIU	Laidojimo namai	Kavinė	Parduotuvė	Geometrinis vidurkis	Reikšmė
Laidojimo namai	1	$1 / 7 = 0,14$	$1 / 3 = 0,33$	0,36	$S_{\text{slaid}} = 0,10$
Kavinė	7,00	1	$1 / 3 = 0,33$	1,32	$S_{\text{skav}} = 0,35$
Parduotuvė	3,00	3,00	1	2,08	$S_{\text{spar}} = 0,55$
				$\Sigma 3,76$	

60 lentelė. Alternatyvų ir aplinkos matrica

APLINKOS POŽIŪRIU	Laidojimo namai	Kavinė	Parduotuvė	Geometrinis vidurkis	Reikšmė
Laidojimo namai	1	$1 / 7 = 0,14$	$1 / 3 = 0,33$	0,36	$S_{\text{alaid}} = 0,09$
Kavinė	7,00	1	$1 / 5 = 0,2$	1,12	$S_{\text{akav}} = 0,28$
Parduotuvė	3,00	5,00	1	2,47	$S_{\text{apar}} = 0,63$
				$\Sigma 3,95$	

Sudarius alternatyvų matricas kiekvieno kriterijaus atžvilgiu, atskirai galima sudaryti bendrą alternatyvų įvertinimo lentelę. Tokia lentelė gerai parodys visų trijų projektų – laidojimo namų, kavinės ir parduotuvės – pranašumus ir trūkumus (žr. 61 lentelę).

61 lentelė. Bendrasis alternatyvų įvertinimas

BENDRASIS ALTERNATYVŲ ĮVERTINIMAS		Laidojimo namai		Kavinė		Parduotuvė	
Kaina	$S_k = 0,04$	$S_{klaid} = 0,13$	0,01	$S_{kkav} = 0,28$	0,01	$S_{kpar} = 0,58$	0,02
Patogumas	$S_{ko} = 0,15$	$S_{koid} = 0,10$	0,02	$S_{kokav} = 0,32$	0,05	$S_{kopar} = 0,57$	0,09
Susisiekimas	$S_s = 0,32$	$S_{slaid} = 0,10$	0,03	$S_{skav} = 0,35$	0,11	$S_{spar} = 0,55$	0,18
Aplinka	$S_a = 0,49$	$S_{alaid} = 0,09$	0,04	$S_{akav} = 0,28$	0,14	$S_{apar} = 0,63$	0,31
Bendrasis alternatyvos įvertis			0,1		0,31		0,6

Pildant bendrą alternatyvų įvertinimo lentelę, reikėtų remtis jau aptartomis formulėmis. Apskaičiavus bendrąsias lyginamąsias kiekvieno kriterijaus reikšmes (S_k , S_{ko} , S_s , S_a) ir kiekvieno kriterijaus alternatyvų matricas, atskirai galima suskaičiuoti kiekvienos alternatyvos įverčius esant kiekvienam kriterijui (žr. 62 lentelę).

62 lentelė. Bendrieji galimų verslo scenarijų įverčiai

Laidojimo namai		Kavinė		Parduotuvė	
$LN_k = S_k \cdot S_{klaid}$	$0,04 \cdot 0,13 \approx 0,01$	$LN_k = S_k \cdot S_{kkav}$	$0,04 \cdot 0,28 \approx 0,01$	$LN_k = S_k \cdot S_{kpar}$	$0,04 \cdot 0,58 \approx 0,02$
$LN_{ko} = S_{ko} \cdot S_{koid}$	$0,15 \cdot 0,10 \approx 0,02$	$LN_{ko} = S_{ko} \cdot S_{kokav}$	$0,15 \cdot 0,32 \approx 0,05$	$LN_{ko} = S_{ko} \cdot S_{kopar}$	$0,15 \cdot 0,57 \approx 0,09$
$LN_s = S_s \cdot S_{slaid}$	$0,32 \cdot 0,10 \approx 0,03$	$LN_s = S_s \cdot S_{skav}$	$0,32 \cdot 0,35 \approx 0,11$	$LN_s = S_s \cdot S_{spar}$	$0,32 \cdot 0,55 \approx 0,18$
$LN_a = S_a \cdot S_{alaid}$	$0,49 \cdot 0,09 \approx 0,04$	$LN_a = S_a \cdot S_{akav}$	$0,49 \cdot 0,28 \approx 0,14$	$LN_a = S_a \cdot S_{apar}$	$0,49 \cdot 0,63 \approx 0,31$

Kainos požiūriu įrengti kavinę, laidojimo namus ir parduotuvę kainuoja preliminariai tiek pat. Kavinė turėtų labiausiai atitikti patogumo kriterijų, nes būtent joje žmonės praleis daugiausia laiko, tačiau šį kriterijų labiausiai atitinka parduotuvė. Parduotuvėje žmogus apsiperka ir išeina, o į kavinę ateina praleisti daugiau laiko: pusryčiauja, pietauja, švenčia ir pan. Geriausias susisiekimas yra su parduotuve ir kanine. Susisiekimas

pritrauks daugiau lankytojų. Įvertinus aplinką, rekomenduojama įrengti parduotuvę. Laidojimo namai vertinant pagal kriterijus nuo kitų alternatyvų atsiliko labiausiai, todėl šios alternatyvos siūloma atsisakyti.

ATSAKYMAS. $LN_i = 0,1$, $KA_i = 0,31$, $PA_i = 0,6$.

IŠVADOS. Įvertinus išsirinktus kriterijus ir hierarchinės analizės metodu atlikus skaičiavimus, pirmiausia siūloma įrengti parduotuvę, tada – kavinę. Iš tiesų gauti rezultatai tik dar kartą patvirtino, kad vadovai labiausiai dvejavo dėl pastarųjų pasirinkimo galimybių. Rezultatas tik apibendrina ekspertų įdirbį ir kriterijų tarpusavio lyginimą. Gavus rezultatus bus skaičiuojama, kiek iš viso kainuos parduotuvės įrengimas, numatoma įkurti naujas penkias darbo vietas.

3.3. METODAS: SPRENDIMO PRIĖMIMO ANALIZĖ PAGAL KEPNERIO IR TREGOE METODĄ

Kepnerio ir Tregoe analizė paremta projekto vertinimo kriterijų nustatymu. Ji naudojama, kai iš daugelio alternatyvų norima išrinkti tą, kuri tenkintų kuo daugiau sąlygų. Visų pirma nustatomi tikslai arba reikalavimai (kriterijai), kuriuos turi atitikti sprendimas. Šie kriterijai gali būti privalomieji ir pageidaujami. Išsamiai analizuojami tik tie projektai, kurie visiškai (o ne iš dalies) atitinka visus privalomuosius kriterijus. Pageidaujamiems tikslams nustatomos reikšmės ir nagrinėjamos alternatyvos. Iš karto atmetamos būtinųjų reikalavimų neatitinkančios alternatyvos. Visos kitos alternatyvos vertinamos nustatant balus, rodančius, kiek jos atitinka kiekvieną pageidaujamą reikalavimą. Balai dauginami iš pageidaujamų reikalavimų svarbos įverčių, ir didžiausią sumą surinkusi alternatyva yra priimtinausia. Kitaip tariant, atrinkus projektus, pageidaujami kriterijai nusakomi tam tikromis reikšmėmis, kurios dauginamos iš alternatyvų įverčių. Šis metodas taikomas, kai iš daugelio alternatyvų norima išrinkti tą, kuri atitiktų kuo daugiau sąlygų.

TAIKYMO PAVYZDŽIAI

13 pavyzdys. Ligoninės naujagimių laboratorinių tyrimų įrangos atnaujinimas

Tai viena didžiausių Lietuvos ligoninių, teikiančių aukščiausio lygio specializuotas asmens sveikatos priežiūros paslaugas ir vykdančių nuolatinį pedagoginį bei mokslinį tiriamąjį darbą.

PROBLEMOS TURINYS. Medicinos centras jungia šešias dideles laboratorijas, kurios skirstomos pagal atliekamų laboratorinių tyrimų specifiką. Visas klinikų darbas orientuotas teikti medicinos paslaugas suaugusiems pacientams. Tačiau tobulėjant technologijoms ir didėjant įstaigos teikiamų paslaugų įvairovei, buvo įsteigtas akušerijos centras. Laboratorinės diagnostikos technika pritaikyta atlikti medicinos tyrimus su suaugusiais pacientais ir visiškai netinkama naujagimių laboratoriniams tyrimams atlikti. Ligoninė atlieka daug įvairių tyrimų, todėl kyla problema, kaip atlikti naujagimių laboratorinius tyrimus.

SPRENDIMO DALYVIAI. Ligoninės struktūra skirstoma į asmens sveikatos priežiūros padalinius ir bendrųjų reikalų padalinius. Pirmieji padaliniai atsakingi už mediciną, o bendrųjų reikalų padaliniai koordinuoja nemedicinos klausimus. Kiekvienas padalinys atsakingas už savo sritį. Naujagimių laboratorinių tyrimų įrangos atnaujinimo projektas patenka ir į medicinos, ir į bendrųjų padalinių atsakomybės sritį. Už ligoninės laboratorijų veiklą atsakingas klinikinės laboratorijos skyrius, tačiau projektus koordinuoja, vykdo ir viešuosius konkursus skelbia viešųjų pirkimo ir projektų skyrius. Problemai spręsti pateiktos trys alternatyvos, apimančios ir atskiro padalinio įkūrimą, už kurį būtų atsakingas bendrųjų reikalų skyrius, ir reikalingos aparatūros diegimą laboratorijoje, už kurį būtų atsakingas technologijų skyrius. Problema įvairialypė, todėl sprendimo dalyviai šiuo atveju yra klinikinės laboratorijos vedėjas ir keletas laborantų, technologijų skyriaus vedėjas ir keletas specialistų, bendrųjų reikalų skyriaus vedėjas ir keletas

specialistų, viešųjų pirkimų ir projektų skyriaus vedėjas bei poliklinikos direktorius ir jo pavaduotojai.

SPRENDIMO TIKSLAS. Pasirinkti geriausią būdą greitai ir kokybiškai atlikti naujagimiams būtinus tyrimus.

PRADINIAI DUOMENYS. Šie tyrimai turi atitikti keletą labai svarbių kriterijų: atlikimo laiko (*t*), kokybės (*k*), skubių iškvietimų (*sk*), sąnaudų (*p*), atstumo iki laboratorijos (*s*). Sprendžiant šią problemą, galimos trys alternatyvos (žr. 63 lentelę).

63 lentelė. Alternatyvų turinys

Galimos alternatyvos:	Žymėjimas
Įdiegti laboratorijoje reikalingą aparatūrą.	1 alternatyva
Šalia akušerijos centro įkurti atskirą tik naujagimius aptarnaujantį padalinį.	2 alternatyva
Nediegti naujos technikos, tyrimus atlikti turima, tačiau naujagimių medicinos tyrimams nepritaikyta technika.	3 alternatyva

SPRENDIMAS. Analizuojant šią problemą, vertinimo kriterijai sugrupuojami į privalomuosius ir pageidaujamus kriterijus. Turint omenyje tai, kad problema susijusi su naujagimiais, kuriems būtina skirti ypač daug dėmesio, privalomaisiais kriterijais laikomi laikas (*t*) ir kokybė (*k*). Atliekant medicinos tyrimus šiems pacientams, itin svarbu greitai pateikti tyrimo rezultatus gydantiems medikams, o kokybės kriterijus neatsiejamas nuo bet kokių medicinos tyrimų ir bet kokios pacientų grupės. Prie pageidaujamų kriterijų priskiriami šie (žr. 64 lentelę):

64 lentelė. Pageidaujamų kriterijų sąrašas

Kriterijus	Kriterijaus aprašymas
Skubūs iškvietimai	Tai laboratorijos darbuotojų gebėjimas operatyviai reaguoti į skubų iškvietimą (pvz., paimti kraujo ir per 15 min. pateikti atsakymą).
Sąnaudos	Laboratorijos darbuotojai, reikalingi šiems tyrimams atlikti.
Atstumas iki laboratorijos	Tyrimo atlikimo laikui įtakos turintis veiksnys.

Tada sudaroma Kepnerio ir Tregoe skaičiavimo lentelė. Privalomieji kriterijai turi visiškai atitikti pasirinktą alternatyvą, kad ją būtų galima toliau vertinti pagal pageidaujamus kriterijus, kurie veikia kaip rūšiavimo matas. Pageidaujami kriterijai laikytini svarbiais vertinimo koeficientais (w_j) ir gali visiškai neatitikti pasirinktos alternatyvos (žr. 65 lentelę).

65 lentelė. Kepnerio ir Tregoe įverčių skaičiavimo lentelė

Vertinimo kriterijai	1 alternatyva įdiegti laboratorijoje reikalingą aparatūrą				2 alternatyva įkurti atskirą padalinį			3 alternatyva atlikti tyrimus turima aparatūra dabartinėje laboratorijoje		
Privalomieji kriterijai										
Laikas (t)										
Kokybė (k)										
Pageidaujami kriterijai										
Kriterijai	Kof. (w _j)	Pastaba	Reikšmė	Balai	Pastaba	Reikšmė	Balai	Pastaba	Reikšmė	Balai
Skubūs išskvietimai (sk)	10									
Sąnaudos (p)	9									
Atstumas (s)	8									
Maks. vertė	270									

Sudarytoje lentelėje pagal pateiktus vertinimo kriterijus reikia įvertinti visas tris alternatyvas (žr. 66 lentelę). Vertina kompetentinga komisija. Vertinimo komisija pateikia kiekvienos alternatyvos vertinimo išvadas ir pastabas. 3 alternatyva netenkina visų privalomųjų kriterijų nei laiko, nei kokybės požiūriu, nes laboratorinės diagnostikos technika pritaikyta atlikti medicinos tyrimus suaugusiems pacientams ir visiškai netinkama naujagimių laboratoriniams tyrimams. Ši alternatyva atmetama ir nevertinama. Toliau pagal pageidaujamus kriterijus vertinamos tik 1 alternatyva ir 2 alternatyva taikant daugiakriterės sprendimų analizės (reikia sudauginti kriterijų reikšmes su alternatyvų vertėmis) matematinę

procedūrą. Alternatyvos ir kriterijai turi būti vertinami pagal dešimtbalę skalę; čia 10 balų skiriama geriausiai atitinkantiems kiekvieną kriterijų. Reikėtų patikrinti verčių prasmingumą.

66 lentelė. Kepnerio ir Tregoe skaičiavimo lentelė su įverčiais

Vertinimo kriterijai		1 alternatyva įdiegti laboratorijoje reikalingą aparatūrą			2 alternatyva įkurti atskirą padalinį			3 alternatyva atlikti tyrimus turima aparatūra dabartinėje laboratorijoje		
Privalomieji kriterijai										
Laikas (t)		+			+			–		
Kokybė (h)		+			+			–		
Pageidaujami kriterijai										
Kriterijai	Kof. (w _j)	Pastaba	Reikš- mė	Balai	Pastaba	Reikš- mė	Balai	Pastaba	Reikš- mė	Balai
Skubūs iškvietimai (sk)	10	Įvykdomi nevisiškai	5	50	Įvykdomi	10	100	Never- tinama	–	–
Sąnaudos (p)	9	Padidė- jusios	9	81	Padidė- jusios	5	45	Never- tinama	–	–
Atstumas (s)	8	Didelis	5	40	Mažas	9	72	Never- tinama	–	–
Maks. vertė	270			171			217			

Vertindami 1 ir 2 alternatyvas, kiekvienam kriterijui suteikiame atitinkamą reikšmę, kuri nusako tos alternatyvos atitiktį kiekvienam kriterijui. Tada suskaičiuojame kiekvieno kriterijaus balus.

1 alternatyva

$$sk = 5 \cdot 10 = 50$$

$$p = 9 \cdot 9 = 81$$

$$s = 8 \cdot 5 = 40$$

skubūs iškvietimai

sąnaudos

atstumas

2 alternatyva

$$sk = 10 \cdot 10 = 100$$

$$p = 9 \cdot 5 = 45$$

$$s = 8 \cdot 9 = 72$$

skubūs iškvietimai

sąnaudos

atstumas

Suskaičiuojame kiekvienos alternatyvos maksimalią balų vertę:

1 alternatyva

$$50 + 81 + 40 = 171$$

2 alternatyva

$$100 + 45 + 72 = 217$$

ATSAKYMAS. 2 alternatyva = 217.

IŠVADA. Problemą išanalizavus Kepnerio ir Tregoe metodu nustatyta, kad daugiausia taškų surinko 2 alternatyva. Ji teigia, kad laboratoriniai naujagimių tyrimai geriausiai ir greičiausiai būtų atliekami šalia akušerijos centro sukūrus naują padalinį.

14 pavyzdys. Poliklinikos pacientų registracijos sistemos pirkimas viešojo konkurso būdu

Poliklinika yra viena didžiausių pagal aptarnaujamų ligonių skaičių rajone. Joje gydoma 70 proc. rajono gyventojų. Jai priklauso dvylika ambulatorijų, du šeimos medicinos centrai, keturi bendrosios praktikos gydytojų kabinetai, penki medicinos punktai ir trys slaugos bei palaikomojo gydymo ligoninės.

PROBLEMOS TURINYS. Perkama pacientų registracijos sistema labai reikalinga kasdieniame gydytojų ir medicinos personalo darbe, taip pat pacientams. Ją įdiegus, medicinos darbuotojai galėtų registruoti ligonius, perduoti ligonių kasoms statistikos duomenis apie atliktas paslaugas, kaupti informaciją apie ligoniams atliktus tyrimus ir procedūras. Ši sistema galėtų būti pagrindas planuoti veiklą ir analizuoti darbo įvertinimo statistikos duomenis. Pacientai galėtų registruotis pas norimą gydytoją, jiems būtų prieinama informacija apie gydytojų darbo laiką, įstaigoje dirbančius specialistus ir teikiamas paslaugas. Tai leistų taupyti medikų ir pacientų laiką, lėšas ir gamtos išteklius. Šis sumanymas – nacionalinės sveikatos sistemos plėtros dalis, plėtojanti e. sveikatos projektus. Ji finansuojama dalimis iš įstaigos ir Sveikatos apsaugos ministerijos sveikatos sistemos plėtros programos Europos Sąjungos ir savivaldybės lėšomis.

SPRENDIMO DALYVIAI. Ligoninės informacinių sistemų ir technologijų skyrius rūpinasi ligoninės, jos filialų ir laboratorijų kompiuterinės bei telekomunikacinės įrangos diegimu, palaikymu ir tobulinimu. Projektų skyrius rūpinasi visos ligoninės viešaisiais pirkimais ir įvairių projektų rengimu ir vykdymu. Todėl sprendimo priėmimo dalyviai yra informacinių sistemų ir technologijų skyriaus vedėjas ir keli

to skyriaus specialistai, projektų skyriaus vedėjas, ligoninės direktorius ir pavaduotojas.

PRADINIAI DUOMENYS. Viešojo konkurso būdu pateikti trys siūlomi variantai. Keli labai svarbūs konkurso kriterijai turi atitikti keliamus uždavinius: tinkamumu ir patirtimi (*t*), saugumu (*s*), prieiga išoriniam vartotojui (*v*), kaina (*k*), paprastumu (*p*), integracija (*i*) (žr. 67 lentelę).

SPRENDIMAS. Analizuojant šį viešąjį konkursą, vertinimo kriterijai sugrupuojami į privalomuosius ir pageidaujamus. Atsižvelgiant į problemos specifiką (kalbama apie medicinos darbuotojus), kaip privalomieji kriterijai išskirti šie: tinkamumas ir patirtis (*t*), saugumas (*s*), patogumas išoriniam vartotojui (*v*). Prie pageidaujamų kriterijų priskiriami šie: kaina (*k*), paprastumas (*p*), integracija (*i*). Tada sudaroma Kepnerio ir Tregoe skaičiavimo lentelė. Privalomieji kriterijai turi visiškai atitikti pasirinktą alternatyvą, kad būtų galima ją toliau vertinti pagal pageidaujamus kriterijus, kurie veikia kaip rūšiavimo matas. Pageidaujamiems kriterijams būdinga vertinimo koeficiento reikšmė (w_j), kuri priklauso nuo kriterijaus svarbumo. Pageidaujami kriterijai gali ne visiškai atitikti pasirinktą alternatyvą.

67 lentelė. Kepnerio ir Tregoe skaičiavimo lentelė

Vilniaus rajono centrinės poliklinikos statistinės ligonių registracijos sistemos rinkimas			
Vertinimo kriterijai	1 alternatyva 1 programa	2 alternatyva 2 programa	3 alternatyva 3 programa
Privalomieji kriterijai			
Tinkamumas (patirtis) naudoti sveikatos priežiūros įstaigose (<i>t</i>)			
Pacientų duomenų saugumas (<i>s</i>)			
Patogumas išoriniam vartotojui (<i>v</i>)			

3. GALIMŲ SPRENDIMŲ PRIORITETŲ EILĖS SUDARYMAS

Pageidaujami kriterijai										
Kriterijai	Kof. (w _j)	Pastaba	Reikšmė	Balai	Pastaba	Reikšmė	Balai	Pastaba	Reikšmė	Balai
Kaina (k)	9									
Paprastumas naudojant (p)	5									
Galimybė komunikuoti su kitomis įstaigomis (i)	3									
Maks. vertė	170									
Iš viso										

Sudarytoje skaičiavimo lentelėje pagal pateiktus vertinimo kriterijus reikia įvertinti visas tris alternatyvas. Trečioji alternatyva neatitinka vieno iš privalomųjų kriterijų – tinkamumo (patirties) naudoti sveikatos priežiūros įstaigose (*t*), nes pacientų registravimo sistemą siūlanti įmonė yra neseniai susikūrusi ir nebendradarbiauja nė su viena sveikatos priežiūros įstaiga. Ši alternatyva atmetama ir nevertinama, nors atitinka kitus du privalomuosius kriterijus.

Toliau pagal pageidaujamus kriterijus, taikant daugiakriterės sprendimų analizės matematinę procedūrą, vertinamos tik pirmoji ir antroji alternatyvos. Kriterijų reikšmė sudauginama su alternatyvų vertėmis. Alternatyvos ir kriterijai turi būti vertinami pagal dešimtbalę skalę, kurioje 10 balų atitinka geriausią įvertinimą. Be to, reikėtų patikrinti verčių prasmingumą (žr. 68 lentelę).

68 lentelė. Kepnerio ir Tregoe skaičiavimo lentelė su įvertinimais

Vilniaus rajono centrinės poliklinikos statistinės ligonių registracijos sistemos rinkimas			
Vertinimo kriterijai	1 alternatyva 1 programa	2 alternatyva 2 programa	3 alternatyva 3 programa
Privalomieji kriterijai			
Tinkamumas (patirtis) naudoti sveikatos priežiūros įstaigose (<i>t</i>)	+	+	–

Pacientų duomenų saugumas (s)		+		+		+		+		
Patogumas išoriniam vartotojui (v)		+		+		+		+		
Pageidaujami kriterijai										
Kriterijai	Kof. (w_j)	Pastaba	Reikšmė	Balai	Pastaba	Reikšmė	Balai	Pastaba	Reikšmė	Balai
Kaina (k)	9	580 €	10	90	725 €	8	72			
Paprastumas naudojant (p)	5	Patvirtinta	10	50	Patvirtinta	10	50			
Galimybė komunikuoti su kitomis įstaigomis (i)	3	Yra	8	24	Sudėtingiau	5	15			
Maks. vertė	170									
Iš viso				164			137			

Vertinant pirmąją ir antrąją alternatyvas kiekvienam kriterijui suteikiama tam tikra reikšmė, nusakanti tos alternatyvos atitiktį kiekvienam kriterijui. Tada suskaičiuojami kiekvieną kriterijų atitinkantys balai.

1 alternatyva

$$k = 9 \cdot 10 = 90 \quad \text{kaina}$$

$$p = 5 \cdot 10 = 50 \quad \text{paprastumas naudojant}$$

$$i = 3 \cdot 8 = 24 \quad \text{galimybė komunikuoti su kitomis įstaigomis}$$

2 alternatyva

$$k = 9 \cdot 8 = 72 \quad \text{kaina}$$

$$p = 5 \cdot 10 = 50 \quad \text{paprastumas naudojant}$$

$$i = 3 \cdot 5 = 15 \quad \text{galimybė komunikuoti su kitomis įstaigomis}$$

Suskaičiuojama kiekvienos alternatyvos maksimali balų vertė:

1 alternatyva

$$90 + 50 + 24 = 164$$

2 alternatyva

$$72 + 50 + 15 = 137$$

ATSAKYMAS. Pirmoji alternatyva = 164 balai.

IŠVADA. Pirmoji alternatyva surinko daugiausia balų, todėl viešąjį konkursą nugalėjo pirmoji įmonė.

APIBENDRINIMAS. Uždaviniai dažnai apima daug kriterijų. Jie sprendžiami daugelyje sričių: procesų valdymo, ekonomikos, statant namus ir pan. Su daugiakriteriais uždaviniais susiduriama ir kasdieniame gyvenime: perkant automobilį, renkantis kelionę, sudarant maitinimosi racioną. Tokius ir panašius uždavinius dažniausiai reikia spręsti renkantis kompromisą iš daug kriterijų, o šie dažniausiai būna prieštaringi: mažinant vieno kriterijaus reikšmę, kito reikšmė didėja. Pavyzdžiui, didinant automobilio galingumą, siekiama sumažinti kuro sąnaudas; mažinant tam tikros detalės svorį, būtina padidinti jos atsparumą. Dažnai kasdieniame gyvenime daugiakriteriai uždaviniai sprendžiami intuityviai. Tačiau sėkmingai tokio tipo uždaviniai sprendžiami tik matematiniais daugiakriteriais metodais. Neretai pasitaiko, kad tokio tipo uždaviniai turi ne vieną geriausią sprendimą, o daug alternatyvių, todėl daugiakriterės analizės ir hierarchinės analizės metodai ar sprendimų priėmimo analizė pagal Kepnerio ir Tregoe metodą gali padėti įvertinti pasiūlymus, kurie sprendimų priėmėjui padeda atsižvelgti į prioritetus ir pasirinkti tinkamiausią sprendinį.

4. KONFLIKTINIŲ SITUACIJŲ SPRENDIMO BŪDAI

4.1. METODAS: LOŠIMŲ TEORIJA KAIP METODAS

Lošimų teorija nagrinėja konfliktinių situacijų sprendimo matematinius modelius. Konfliktais vadinami įvairūs žmonių bendravimo reiškiniai ir procesai, susiję su atskirų individų ir jų grupių interesais. Konflikto dalyviai vadinami lošėjais²⁶. Juos žymėkime i, j, k, \dots , o visą jų aibę – N . Baigtinė N paprastai užrašoma taip:

$$N = \{1; 2; \dots, n\}, \quad 26 \text{ formulė}$$

čia n yra aibę N sudarančių lošėjų skaičius.

Aibės N poaibiai vadinami koalicijomis. Pagal konfliktinės situacijos pobūdį kai kurios iš galimų koalicijų gali būtų uždraustos, todėl nagrinėjant konfliktus svarbu žinoti leistiną koalicijų aibę. Ji paprastai užrašoma taip: $K = \{K\}$. Galimi lošėjų ir jų koalicijų veiksmai vadinami strategijomis. Jos žymimos atitinkamai $s_i, i \in N, s_k, k \in K$. Lošėjų strategijų aibės žymimos $S_i, i \in N, S_k, k \in K$. Konflikto baigties rezultatai vadinami lošimo baigmėmis. Baigmės žymimos σ , o jų aibė – Σ . Taigi $\Sigma = \{\sigma\}$. Baigmių aibė Σ gali būti tiek baigtinė, tiek begalinė. Atsižvelgiant į papildomą informaciją, bendrasis konflikto matematinis modelis patikslinamas ir sukonkretinamas²⁷. Klasifikuojant lošimus, išskiriamos dvi pagrindinės lošimų klasės: nekoaliciniai lošimai (lošėjams draudžiama bendradarbiauti) ir koaliciniai lošimai (leidžiamos visos įmanomos lošėjų koalicijos).

Tarkime, lošimo dalyvis A gali pasirinkti bet kurią iš m strategijų, B – bet kurią iš n strategijų. Toks lošimas vadinamas $m \times n$ lošimu.

²⁶ PUŠKORIUS, S., *op. cit.*

²⁷ LARIČEV, O. I. Теория и методы принятия решений. Москва: Логос, 2000.

Pažymėjus pirmojo dalyvio strategijas A_1, A_2, \dots, A_m , o antrojo – B_1, B_2, \dots, B_n , galima apskaičiuoti kiekvienos poros strategijų išlošius a_{ij} . Apskaičiavus ir į lentelę surašius visus rezultatus gaunama lošimų matrica (žr. 4 paveikslą)²⁸. Lošimų matricas lengva sudaryti esant paprastoms situacijoms, tačiau esant sudėtingoms situacijoms tai pareikalauja daug darbo. Lošimų matrica yra pagrindas, kuriuo remiantis galima rasti uždavinio sprendimą.

A_i	B_j				
	B_1	B_2	B_3	...	B_n
A_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	...	a_{2n}
...
A_m	a_{m1}	a_{m2}	a_{m3}	...	a_{mn}

4 pav. Lošimų matrica

TAIKYMO PAVYZDŽIAI

15 pavyzdys. Intelektinės nuosavybės pažeidimas²⁹

Apple – Jungtinių Amerikos Valstijų korporacija, projektuojanti ir gaminanti plataus vartojimo elektronikos ir programinės įrangos produktus. Įmonę Kalifornijoje 1976 metais įkūrė Steve'as Jobsas ir Stevenas Wozniakas. 1977 metais įmonė tapo akcine bendrove ir buvo pavadinta *Apple Computer*. Taip ji buvo vadinama 30 pirmųjų gyvavimo metų. 2007 m. korporacijos pavadinimą nuspręsta sutrumpinti – *Apple*. Įmonė valdo daugiau kaip 250 mažmeninės prekybos parduotuvių, kuriose

²⁸ PUŠKORIUS, S., *op. cit.*

²⁹ Cornell University. Biggest Mobile Device Makers Game Theory – Samsung vs Apple [interaktyvus], <<http://blogs.cornell.edu/info2040/2011/10/05/biggest-mobile-device-makers%e2%80%99-game-theory-%e2%80%93-samsung-vs-apple>>; KANDAVALLI, J. S. Applying Game Theory to the Patent War between Apple and Samsung [interaktyvus], <<https://johnsmithk.wordpress.com/2013/04/13/an-understanding-of-nash-equilibrium-and-nash-solution/>>; LEE, S. [interaktyvus], <http://www.academia.edu/7908909/Samsung_and_Apple_law>.

parduodami aparatūros ir programinės įrangos produktai. *Apple* turi apie 35 000 darbuotojų visame pasaulyje. Į žinomiausių bendrovės įrangos produktų sąrašą galima įtraukti *Macintosh* kompiuterius, *iPod* ir *iPhone*.

Pietų Korėjoje įsikūrusi buitinės technikos ir informacinių technologijų įmonė *Samsung* yra viena didžiausių pasaulyje kompiuterinės technikos, mobiliųjų telefonų, televizorių ir buitinės technikos gamintojų. Pradėjusi kaip nedidelė eksporto įmonė Tegu mieste Pietų Korėjoje aštuntajame dešimtmetyje investuodama į sunkiųjų mašinų, chemijos ir naftos pramonės, *Samsung* padėjo strateginius tolesnės plėtros pagrindus. *Samsung* išaugo iki pirmaujančios pasaulinės pažangios elektronikos kompanijos, kurios specializacija – skaitmeninės įrangos, laikmenų, puslaidininkių, atminties įrenginių ir sistemų integravimo sritys. Ji gamina geriausius atitinkamos klasės LCD televizorius, mobiliuosius telefonus, skaitmeninius ir kitus įrenginius. Šiandien *Samsung* naujovės yra visame pasaulyje žinomi aukščiausios kokybės produktai.

TURINYS. 2010 metais *Samsung* kompanija išleido išmanųjį telefoną *Galaxy S*. Tuometis *Apple* vadovas Steve'as Jobsas ir kompanijos operacijų direktorius Timas Cookas kreipėsi į *Samsung* vadovybę. Jis protestavo dėl korėjiečių pasiūlyto naujo dizaino ir funkcijų ir *Apple* išmaniojo telefono panašumo. Tų pačių metų kovą *Apple* padavė *Samsung* į teismą už tai, kad „nukopijavo visus išskirtinius *Apple iPhone 3G* aspektus ir jo dizainą: didelį vartomą ekraną, lygų ir aiškų įrenginio dizainą“. *Apple* atstovas spaudai Steve'as Dowlingas teigė: „Taip akivaizdžiai kopijuoti nesąžininga, mes privalome apsaugoti intelektualiąją *Apple* nuosavybę“. *Samsung* nereagavo, nes buvo *iPhone* ir *iPad* įrangos produktams skirtų svarbiausių komponentų tiekėja, todėl jautėsi saugi (2011 metais *Apple* iš *Samsung* įsigijo ekranų ir komponentų už maždaug 8 mlrd. JAV dolerių). *Samsung* neneigė, kad jos išmanusis telefonas kažkiek panašus į išmanųjį *Apple* telefoną, tačiau tokio pobūdžio rinkoje produktai neišvengiamai panašūs vieni į kitus. Ir anksčiau būta panašių produktų, dar prieš pasirodant išmaniajam *iPhone* telefonui, pavyzdžiui, 2006 metais sukurtas *LG Chocolate*. *Samsung* buvo sukūrusi *F700* telefono modelį, kuris turėjo vartomo ekrano funkciją.

Į šį *Apple* ir *Samsung* konfliktą galima pažvelgti kaip į duopolinę³⁰ rinką, kurioje svarbiausios yra dvi kompanijos. Tokio tipo rinkose svarbiausia yra konkurento elgsena. Būtent tai būtų galima nurodyti kaip vieną iš pagrindinių motyvų šioje *Apple* ir *Samsung* patentų kovoje.

TIKSLAS. Abi kompanijos turi nuspręsti, ar pradėti „karo veiksmus“ teismų salėse, kiekvienam dalyviui rekomenduoti tinkamiausią strategiją.

SPRENDIMAS. Norint priimti tinkamiausią sprendimą, reikia taikyti strateginę mąstymą ir atsižvelgti į galimus konkurento sprendimus. Dažniausiai praktinių sprendimų ieškoma neapibrėžtomis aplinkybėmis, kai tikslai neaiškūs, veikiant konkurentams ar priešininkams. Vis dėlto net ir tokiomis sąlygomis gali būti pasirinkti geresni ar blogesni sprendimai, kuriuos reikia vertinti pagal vidutinį poveikį. Be abejo, išsirinkti sprendimą visada šiek tiek rizikinga, nes visos sąlygos niekada negali būti tiksliai apibrėžtos. Dažnai naudinga išnagrinėti įvairius sprendimo variantus ir pasirinkti geriausią iš jų. Tai darant geriausia taikyti lošimų teoriją, kuri padeda nustatyti tinkamiausią elgsenos strategiją. Ji taikoma, kai susiduria priešingus tikslus turinčių dviejų ar daugiau veikiančių žmonių grupių (kompanijų, valstybių ir pan.) interesai. Sakoma, kad sprendimai priimami kilus konfliktams. Taigi lošimų teorija nagrinėja konfliktines situacijas ir siūlo rekomendacijas jų dalyviams. Ši situacija kaip tik tokia, nes susiduria dvi skirtingų interesų siekiančios kompanijos.

Kiekvieną konfliktinę situaciją galima supaprastinti ir sudaryti jos modelį (vadinama lošimo modeliu), kuris veikia, jei laikomasi tam tikrų taisyklių. Lošimo dalyviai vadinami lošėjais. Jų gali būti du arba daugiau. Šiuo atveju nagrinėjamas dviejų dalyvių konfliktas. Lošimo taisyklėse numatomi galimi kiekvieno lošėjo veikimo variantai, jiems prieinama informacija apie priešininko veiksmus ir lošimo rezultatus, gaunamus taikant po vieną kiekvieno lošėjo variantą. Nulinės sumos lošimas būna tada, kai vienas lošėjas išlošia tiek, kiek pralošia kitas,

³⁰ Duopolija – gamybos ir rinkos struktūra, kurioje tėra du tam tikros prekės ar prekių rūšies tiekėjai ir pirkėjai, nesudarę tarpusavyje monopolinių sandėrių. Tarptautinių žodžių žodynas. Vilnius: Alma littera, 2003, p. 184.

t. y. bendrasis lošimo rezultatas lygus nuliui. Kiekvieną lošimą sudaro ėjimai. Lošimų teorijoje ėjimu vadinamas vieno varianto pasirinkimas ir jo įgyvendinimas. Lošimų teorija ieško lošimo partnerių elgsenos ir firmų arba mažų grupių veikloje dalyvaujančių žmonių elgsenos panašumų. Oligopolinėje rinkoje įmonės gali priimti sprendimus vadovaudamosi panašiais principais kaip lošėjai, nes jos, kaip ir pastarieji, veikia neapibrėžtomis ir kintančiomis sąlygomis. Taigi lošimų teorija nagrinėja kolektyvinių sprendimų priėmimo procesą, kai dviejų ar daugiau sprendimus priimančių subjektų interesai nesutampa. Tikslas yra kiekvienam dalyviui rekomenduoti tinkamiausią strategiją. Tai strategija, garantuojanti maksimalų vidutinį išlošį daug kartų kartojant lošimą. Strategija suprantama kaip rekomendacijų aibė esant konkrečiai konfliktinei situacijai. Renkantis tinkamiausią strategiją, laikomasi principo, kad kitas lošimo dalyvis yra ne mažiau protingas ir daro viską, kad priešininko laimėta suma būtų minimali.

Tarkime, kad ieškinį padavusi kompanija *Apple* laimi. Priešininkė *Samsung* turėtų arba įsigyti licenciją, arba investuoti nemažai pinigų į mokslinius tyrimus ir naujų technologijų kūrimą. Dėl šios priežasties reikėtų padidinti produkcijos kainas, o tai reikštų pelno sumažėjimą. Abiejose kompanijose dirba geriausi specialistai. Jie yra gerai informuoti ir išmintingi lošėjai, vadinasi, rinksis tik tinkamiausią sprendimą. Reikia nustatyti, koks vienos kompanijos pasirinkimas būtų optimalus kitai kompanijai pasirinkus tik optimalius sprendimus. Abiejų kompanijų sprendimo – pateikti ieškinį arba ne – padariniai pavaizduoti 5 paveiksle.

Atsižvelgiant į tai, kad *Apple* kompanija savo oponentę, *Samsung* kompaniją, kaltina pažeidus daugiau patentų, *Apple* išlošiai yra didesni. Akivaizdu, kad *Samsung* gaus didesnę išlošį tik kai jos dominuojanti strategija bus ieškinio pateikimas, neatsižvelgiant į tai, ar *Apple* pateiks ieškinį, ar susilaikys. Tą patį galima pasakyti ir apie dominuojančią *Apple* kompanijos strategiją tiek tuo atveju, kai *Samsung* pateikia ieškinį, tiek tuo, kai susilaiko. *Apple* kompanijai labiausiai apsimoka pradėti bylinėjimąsi. Strategijų pora vadinama Nasho pusiausvyra

(angl. *Nash equilibrium*), kai vienos kompanijos pasirinkimas yra optimalus ir žinomas kitos kompanijos pasirinkimas, o pastarosios pasirinkimas yra optimalus, kai žinomas pirmosios pasirinkimas. Nors nė vienas iš lošėjų rinkdamasis savo strategiją nežino, ką darys kitas, kiekvienas lošėjas įsivaizduoja, ką kitas rinksis. Nasho pusiausvyrą šiomis aplinkybėmis pasiekti galima tik jei abi kompanijos paduos viena kitą į teismą.

<i>Apple</i> pateikia ieškinį 0	<i>Apple</i> pateikia ieškinį 10
<i>Samsung</i> pateikia ieškinį -5	<i>Samsung</i> nepateikia ieškinio -10
<i>Apple</i> nepateikia ieškinio -5	<i>Apple</i> nepateikia ieškinio 5
<i>Samsung</i> pateikia ieškinį 10	<i>Samsung</i> nepateikia ieškinio 5

5 pav. Nasho pusiausvyrą

Nenuostabu, kad kompanijos būtent taip ir pasielgė. Pirmoji teismo ieškinį 2010 m. kovą padavė JAV korporacija: ji apkaltino *Samsung* nukopijavus įrangos dizainą. *Samsung* pareiškė keletą atsakomųjų ieškinų keliose šalyse, įskaitant JAV, Vokietiją ir Australiją. *Samsung* yra viena pagrindinių *Apple* konkurenčių išmaniųjų telefonų ir planšetinių kompiuterių rinkoje. 2012 m. rugpjūtį Kalifornijos federalinio teismo teisėjai priėmė sprendimą, kad *Samsung* pažeidė kelis *Apple* intelektinės nuosavybės patentus, ir priteisė sumokėti jai 1,05 mlrd. JAV dolerių žalą. Be to, *Apple* siekė uždrausti pardavinėti savo pavojingiausio konkurento *Samsung Galaxy* serijos mobiliuosius įrenginius – didžiausius *Android* vartotojus visame pasaulyje. *Apple* jau sėkmingai sustabdė prekybą *Samsung Galaxy Tab 10.1* modeliu Europos Sąjungoje ir Australijoje. Ji teigė, kad *Samsung* šiurkščiai nukopijavo *iPhone* ir *iPad* dizainą ir „vartotojo pojūčius“. *Apple* iš esmės siekė ir siekia uždrausti prekybą visais *Samsung Galaxy S*, *Galaxy SII* ir *Galaxy Tab 7* kompiuteriais. Be

to, *Apple* siekia prisiteisti ir 1,3 milijono dolerių kompensaciją (tiesa, daugiausia priekaištaujama tik dėl *Galaxy Tab 10.1* modelio).

Tai nesibaigiantis bylinėjimasis, ir jei *Apple* ir toliau nuolat laimėtų bylas dėl intelektinės nuosavybės teisių pažeidimo, *Samsung* produktų kainos tik didėtų dėl licencijavimo ar investavimo į mokslinius tyrimus ir naujų technologijų kūrimą. Netekusi gero vardo, *Samsung* prarastų nemažai klientų, kurie rinkęsi *Apple* kompanijos produktus. Taip galima paaiškinti, kodėl *Apple* pelnas didesnis, jei *Samsung* susilaiko ir nepateikia ieškinio. Tačiau jei ir *Samsung* pateiktų atsakomąjį ieškinį (ir laimėtų), jos išlošis, nors mažesnis negu *Apple*, vis tiek viršytų tą, kurį ji gautų susilaikiusi nuo bylinėjimosi.

IŠVADA. Abiem kompanijoms būtų naudingiau susitarti ir nesivelti į ginčus teismo salėse, ir toliau vadovautis tokiu pačiu principu kaip anksčiau. Užuoat leidusios milijonus dolerių bylinėjimuisi ir patentams, geriau juos investuotų į senų prietaisų tobulinimą ir naujų kūrimą. Vadovaudamosi tokiu principu, nė viena kompanija nepatirtų nereikalingų išlaidų, o jų pelnas tik didėtų.

16 pavyzdys. Lošimų teorijos taikymas prezidento rinkimams Prancūzijoje³¹

Prancūzija – demokratinė Respublika, turinti 66,03 milijono gyventojų (2012 m.). Prancūzijos Respublika yra unitarinė valstybė, pasižyminti stipria prezidento valdžia. Prancūzijos Respublikos Konstitucija buvo priimta 1958 m. rugsėjo 28 d. Sumažinusi parlamento galias, ji suteikė daugiau galių prezidentui ir vykdomajai valdžiai. Prezidentas renkamas tiesioginiu visuotiniu balsavimu penkeriems metams. Vyriausybei vadovauja prezidento pasiūlytas ministras pirmininkas.

³¹ BATTA, E. French Presidential Elections 2012: An approximate Model since Game Theory Prospective [interaktyvus], <http://www.academia.edu/8336805/French_presidential_elections_2012_An_approximate_model_since_game_theory_prospective>; BAUJARD, A.; GAVREL, F.; IGERSEIM, H.; LASLIER, J. F.; LEBON, I. Who's Favored by Evaluative Voting? An Experiment Conducted During the 2012 French Presidential Election [interaktyvus], <<ftp://ftp.gate.cnrs.fr/RePEc/2014/1430.pdf>>.

TURINYS. 2012 metais balandį ir gegužę Prancūzijoje vyko prezidento rinkimai. Šioje šalyje absoliučia balsų dauguma tiesioginiais rinkimais prezidentas renkamas penkeriems metams. Jeigu pirmajame ture prezidentas neišrenkamas, organizuojamas antrasis, į kurį patenka du daugiausia balsų surinkę kandidatai (Prancūzijos Konstitucija, 6 ir 7 str.).

PRADINIAI DUOMENYS. Pirmajame rinkimų ture dalyvavo dešimt kandidatų, atstovaujančių trims pagrindinėms politinėms kryptims. Jame prezidentas nebuvo išrinktas, todėl buvo suorganizuotas antrasis turas, į kurį pateko daugiausia balsų surinkę F. Hollande'as (10 272 705 balsai, 28,63 proc.) ir N. Sarkozy (9 753 629 balsai, 27,18 proc.). Iš viso balsavo 35 883 209 rinkėjai (žr. 69 lentelę³²).

69 lentelė. Kandidatų atstovaujamos politinės kryptys ir jų pirmajame ture surinkti balsai

Kandidatas	Politinė kryptis	Surinkti balsai (skaičius proc.)	
<i>François Hollande</i>	Kairioji	10 272 705	28,63
<i>Nicolas Sarkozy</i>	Dešinioji	9 753 629	27,18
<i>Marine Le Pen</i>	Dešinioji (radikalioji)	6 421 426	17,90
<i>Jean-Luc Mélenchon</i>	Kairioji (radikalioji)	3 984 822	11,10
<i>François Bayrou</i>	Centrinė	3 275 122	9,13
<i>Eva Joly</i>	Kairioji	828 345	2,31
<i>Nicolas Dupont-Aignan</i>	Dešinioji	643 907	1,79
<i>Philippe Poutou</i>	Kairioji	411 160	1,15
<i>Natalie Arthaud</i>	Kairioji	202 548	0,56
<i>Jacques Cheminade</i>	Centrinė	89 545	0,25
Iš viso balsavo:		35 883 209	100

SPRENDIMAS. Pirmajame ture F. Hollande'as surinko 1,45 proc. balsų daugiau negu N. Sarkozy, todėl norėdamas laimėti prezidento rinkimus N. Sarkozy turėjo tinkamai įvertinti savo varžovą ir pasirinkti geriausią strategiją. Šis uždavinys tapo didelio susidomėjimo objektu dar

³² <<http://www.france-politique.fr/>>.

iki rinkimų pradžios³³. Tai yra antrojo lygio problema, jos sprendinys tikimybinis, todėl lošimų teorija yra tinkamas sprendimo metodas. Toliau išskiriami keturi elgesio būdai, kaip laimėti rinkėjų balsus. Abu kandidatai gali rinktis vienodas strategijas. Galimos strategijos:

1. Nieko nedaryti. Abu kandidatai gali toliau laikytis pasirinktos kampanijos politikos ir nieko nekeisti. Tarkime, kad dauguma N. Dupont-Aignan'o rinkėjų ir taip balsuos už N. Sarkozy, o F. Hollande'as turėtų būti palaikomas daugumos E. Joly, Ph. Poutou ir N. Arthaud rinkėjų.
2. Bandyti pervilioti į antrąją turą nepatekusių radikaliųjų pažiūrų kandidatų rinkėjus. Siekdamas gauti daugiau balsų, N. Sarkozy galėtų orientuotis į M. Le Pen rinkėjus, kurie taip pat palaiko dešiniuosius, tačiau yra radikaliųjų pažiūrų. Savo ruožtu F. Hollande'as radikalesniais pasisakymais galėtų siekti J. L. Mélenchon'o palaikytojų balsų.
3. Bandyti pervilioti į antrąją turą nepatekusių liberaliųjų pažiūrų kandidatų rinkėjus. N. Sarkozy galėtų liberalizuoti savo poziciją ir stengtis į savo pusę patraukti centristų rinkėjus, lygiai taip pat F. Hollande'as galėtų orientuotis į centristus.
4. Bandyti sukompromituoti priešininką. Priešininką kompromituojančią medžiagą kandidatai galėtų panaudoti kaip priemonę pasitikėjimui sumažinti, tad atitinkamai sumažėtų ir rinkėjų balsų už priešininką.

N. Sarkozy taikomos strategijos toliau vadinamos S_1 , S_2 , S_3 ir S_4 , o F. Hollande'o – H_1 , H_2 , H_3 ir H_4 . Tarkime, kad nieko nedarydamas (pirmoji strategija) N. Sarkozy gauna 70 proc. pasitraukusių dešiniųjų kandidatų rinkėjų balsų; atitinkamai F. Hollande'as – 70 proc. kairiųjų. Manykime, kad taikydami antrąją ir trečiąją strategijas abu kandidatai

³³ VAN DER STRAETEN, K.; LASLIER, J-F.; SAUGER, N.; BLAIS, A. Strategic, Sincere, and Heuristic Voting under Four Election Rules: an Experimental Study. *Social Choice Welfare*, 2010, vol. 35, p. 435–472.

persivilioja po 50 proc. strategijų sąrašė minėtųjų pretendentų balsų. Ketvirtoji strategija suteikia galimybę sumažinti priešininko rinkėjų balsų skaičių 20 proc. Iš viso rinkimuose balsavo 35 883 209 rinkėjai.

1. Išskiriame, kokie balsavusiųjų už dešiniosioms ir kairiosioms politinėms pažiūroms atstovaujančius į antrąją turą nepatekusius politikus skaičius ir procentai.

Balsavusiųjų už dešiniosioms politinėms pažiūroms atstovaujančius į antrąją turą nepatekusius politikus skaičius ir procentai (D):

$$D = 643\,907$$

$$D = (643\,907 \cdot 100) / 35\,883\,209 = 1,79 \%$$

$$S_j = 1,79 \cdot 0,7 = 1,25 \%$$

Balsavusiųjų už kairiosioms politinėms pažiūroms atstovaujančius į antrąją turą nepatekusius politikus skaičius ir procentai (K):

$$K = 828\,345 + 411\,160 + 202\,548 = 1\,442\,053$$

$$K = (1\,442\,053 \cdot 100) / 35\,883\,209 = 4,02 \%$$

$$H_j = 4,02 \cdot 0,7 = 2,81 \%$$

2. Išskiriame, kokie balsavusiųjų už radikaliąsias politines pažiūras skaičius ir procentai.

Balsavusiųjų už dešiniosioms politinėms pažiūroms atstovaujančius į antrąją turą nepatekusius politikus skaičius ir procentai (M):

$$M = 6\,421\,426$$

$$M = (6\,421\,426 \cdot 100) / 35\,883\,209 = 17,90 \%$$

$$S_2 = 17,90 \cdot 0,5 = 8,95 \%$$

Balsavusiųjų už J. L. Mélenchon'ą (radikaliąsias kairiųjų politines pažiūras) skaičius ir procentai (J):

$$J = 3\,984\,822$$

$$J = (3\,984\,822 \cdot 100) / 35\,883\,209 = 11,10 \%$$

$$H_2 = 11,10 \cdot 0,5 = 5,55 \%$$

3. Išskiriame, kokie balsavusiųjų už liberaliąsias politines pažiūras skaičius ir procentai.

$$L = 3\,275\,122 + 89\,545 = 3\,364\,667$$

$$L = (3\,364\,667 \cdot 100) / 35\,883\,209 = 9,38 \%$$

$$S_3 = H_3 = 9,38 \cdot 0,5 = 4,69 \%$$

4. Bandymas sukompromituoti priešininką suteikia galimybę sumažinti priešininko rinkėjų balsų skaičių 20 proc. Tai yra $S_4 = H_4 = -20 \%$

Sudaroma lošimų matrica, kurios duomenys apskaičiuojami pagal formulę

$$S_{ij} = S_i - \left(1 - \frac{S_i}{100}\right) \cdot \frac{H_j}{100}. \quad 27 \text{ formulė}$$

Toliau žr. 70 lentelę.

70 lentelė. Lošimų matrica

N. Sarkozy strategijos	F. Hollande'o strategijos				α
	H_1	H_2	H_3	H_4	
S_1					
S_2					
S_3					
S_4					
β					

Apskaičiuojami lošimų matricos duomenys:

$$\begin{aligned}
 S_{11} &= 0,013 - ((1 - 0,013) \cdot 0,028) = -0,016 & S_{31} &= 0,047 - ((1 - 0,047) \cdot 0,028) = 0,02 \\
 S_{12} &= 0,013 - ((1 - 0,013) \cdot 0,056) = -0,042 & S_{32} &= 0,047 - ((1 - 0,047) \cdot 0,056) = -0,006 \\
 S_{13} &= 0,013 - ((1 - 0,013) \cdot 0,047) = -0,034 & S_{33} &= 0,047 - ((1 - 0,047) \cdot 0,047) = 0,002 \\
 S_{14} &= 0,013 - ((1 - 0,013) \cdot (-0,2)) = 0,016 & S_{34} &= 0,047 - ((1 - 0,047) \cdot (-0,2)) = 0,238 \\
 S_{21} &= 0,09 - ((1 - 0,09) \cdot 0,028) = 0,065 & S_{41} &= -0,2 - ((1 - (-0,2)) \cdot 0,028) = -0,234 \\
 S_{22} &= 0,09 - ((1 - 0,09) \cdot 0,056) = 0,039 & S_{42} &= -0,2 - ((1 - (-0,2)) \cdot 0,056) = -0,267 \\
 S_{23} &= 0,09 - ((1 - 0,09) \cdot 0,047) = 0,047 & S_{43} &= -0,2 - ((1 - (-0,2)) \cdot 0,047) = -0,256 \\
 S_{24} &= 0,09 - ((1 - 0,09) \cdot (-0,2)) = 0,272 & S_{44} &= -0,2 - ((1 - (-0,2)) \cdot (-0,2)) = -0,44
 \end{aligned}$$

Gautas reikšmės suvedus į lentelę, į β eilutę rašomos didžiausios kiekvieno stulpelio reikšmės, o į α stulpelį – mažiausios kiekvienos eilutės reikšmės. α stulpelyje nurodomi priešininkui (F. Hollande'ui) naudingiausi išlošiai, o β eilutėje – N. Sarkozy palankiausi rezultatai, kai priešininkas taiko atitinkamas strategijas. Iš priešininkui naudingiausių išlošių (β eilutė) išsirenkamas mažiausias, taip randama palankiausia priešininko strategija. Tada pasirinkus didžiausią pralošimo vertę (α stulpelis) randama N. Sarkozy palankiausia strategija (žr. 71 lentelę).

Taip randamas minimaksas ($S_2 H_2$), kuris parodo geriausią sprendinį vertinant tiek savo, tiek konkurento strategijas.

71 lentelė. Užpildyta lošimų matrica

N. Sarkozy strategijos	F. Hollande'o strategijos				α
	H_1	H_2	H_3	H_4	
S_1	-0,016	-0,042	-0,034	0,016	-0,042
S_2	0,065	0,039	0,047	0,272	0,039
S_3	0,02	-0,006	0,002	0,238	-0,006
S_4	-0,234	-0,267	-0,256	-0,44	-0,44
β	0,065	0,039	0,047	0,272	

ATSAKYMAS. N. Sarkozy palankiausia yra antroji strategija S_2 , F. Hollande'ui taip pat palankiausia yra antroji strategija, t. y. H_2 .

IŠVADA. Pritaikius minimakso metodą išsiaiškinta, kad N. Sarkozy palankiausia strategija yra antroji, S_2 , o F. Hollande'ui – H_2 . Taigi abiem antrojo turo varžovams naudingiausia bandyti pervilioti iš į antrąjį turą nepatekusių kandidatų radikaliųjų pažiūrų rinkėjus. Kitaip tariant, norėdamas pelnyti daugiau balsų, N. Sarkozy turėtų orientuotis į M. Le Peno rinkėjus, kurie taip pat palaiko dešiniuosius, tačiau yra radikaliųjų pažiūrų. F. Hollande'ui vertėtų siekti J. L. Mélenchon'o palaikytojų balsų taip pat radikaliau reiškiantis tam tikrais klausimais. Taikydamas šią strategiją N. Sarkozy turėtų prarasti ne daugiau kaip 3,9 proc. balsų, lygiai taip pat kaip ir F. Hollande'as – ne daugiau kaip 3,9 proc. balsų. $\alpha = \beta$, todėl antroji strategija vadinama optimaliaja. 2012 metais rinkimus laimėjo F. Hollande'as.

IŠVADOS IR INTERPRETACIJA. Dažniausiai sprendimų ieškoma neapibrėžtomis aplinkybėmis, kai tikslai neaiškūs, veikiant konkurentams ar priešininkams. Vis dėlto net ir tokiomis sąlygomis gali būti pasirinkti geresni ar blogesni sprendimai, kuriuos reikia vertinti pagal vidutinį poveikį. Be abejo, pasirinkti sprendimą visada šiek tiek rizikinga, nes niekada negali būti tiksliai apibrėžtos visos sąlygos. Dažnai naudinga

išnagrinėti įvairius sprendimo variantus ir pasirinkti geriausią iš jų. Tokie uždaviniai sprendžiami taikant lošimų teoriją. Ji taikoma, kai susiduria priešingus tikslus turinčių dviejų ar daugiau veikiančių žmonių grupių (kompanijų, valstybių, ginkluotųjų pajėgų ir pan.) interesai. Sakoma, kad sprendimai priimami kilus konfliktams. Taigi lošimų teorija nagrinėja konfliktines situacijas ir siūlo rekomendacijas jų dalyviams. Kai kuriuos azartinius lošimus sudaro tik atsitiktiniai ėjimai (ruletė, kauliuko su skaičiais ar monetos mėtymas ir pan.), kitus – tik determinuoti ėjimai (pvz., šachmatai), dar kiti yra mišrūs (pvz., kortos). Lošimų teorijoje nagrinėjami tik lošimai su determinuotais ėjimais. Lošimų teorijos tikslas – rekomenduoti kiekvienam dalyviui optimaliąją strategiją. Tai tokia strategija, kuri garantuoja maksimalų vidutinį išlošį lošimą kartojant daug kartų. Strategija suprantama kaip rekomendacijų aibė konkrečioje konfliktinėje situacijoje. Renkantis optimaliąją strategiją laikomasi principo, kad kitas lošimo dalyvis yra ne mažiau protingas ir daro viską, kad priešininko laimėta suma būtų minimali. Lošimo teorija gali pasitarnauti ir gyvenime.

5. ALTERNATYVIŲ SPRENDIMŲ PASIRINKIMAS VEIKIANT PAMATUOJAMO ATSITIKTINUMO FAKTORIUI

5.1. METODAS: SPRENDIMŲ MEDŽIAI

Pagrindinis sprendimų medžio tikslas – pavaizduoti visus tarpusavyje įvairiais būdais susijusius sprendimus ir situacijas, kad būtų galima rasti visus sprendimų variantus ir svarbiausius veiksnius, pasirinkti atitinkamus analizės metodus. Gautas vaizdas vadinamas sprendimų medžio diagrama. Daugumą problemų galima išspręsti priimant vienas nuo kito priklausančius sprendimus³⁴. Todėl sprendimų medžiai naudojami priimant daugiapakopius sprendimus ir suteikia galimybę įvertinti kiekvieno galimo pasirinkimo padarinius. Medį sudaro šakos, sprendimo mazgai, įvykių mazgai ir sprendimų rezultatai. Šaka – vienintelė galima linija, sujungianti arba du mazgus, arba mazgą ir sprendimo rezultatą. Sprendimų mazgas – priimamų sprendimų taškas, žymimas stačiakampiu. Įvykių mazgas – taškas, žymintis galimų situacijų aibę, žymimas apskritimu. Sprendimų rezultatas – kiekybinis konkrečių sprendimų ir situacijų įvertis, gaunamas einant nuosekliai nuo pradinio sprendimo iki galutinio rezultato vieninteliu iš šakų ir mazgų sudarytu keliu. Sudarius sprendimų medį, reikia apskaičiuoti visus galimus rezultatus S_i , $i = 1, 2, \dots, n$ ir pasirinkti tokias strategijas, kurios užtikrintų maksimalų pelną (minimalius nuostolius) arba padidintų kokius nors kitus vadybininkui svarbius rodiklius.

³⁴ VENTCEL, E. S. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. Москва: Наука, 1980.

TAIKYMO PAVYZDŽIAI

17 pavyzdys. Projekto pasirinkimas

Investuotojas iš Niujorko verslu užsiima jau daugiau kaip 20 metų. Daugiausia investuoja į akcijas, obligacijas, nekilnojamąjį ar kitos rūšies turtą ir iš savo investuoto kapitalo siekia sulaukti teigiamos grąžos. Jis yra aktyvus investuotojas, kuris dažnai investuoja didesnes sumas, nuolatos seka rinkos naujienas, kompanijų pranešimus, skaito rinkų apžvalgas ir kitą informaciją, visada pasiruošęs pasitaikius tinkamai progai parduoti savo turimus vertybinius popierius ar įsigyti jų daugiau.

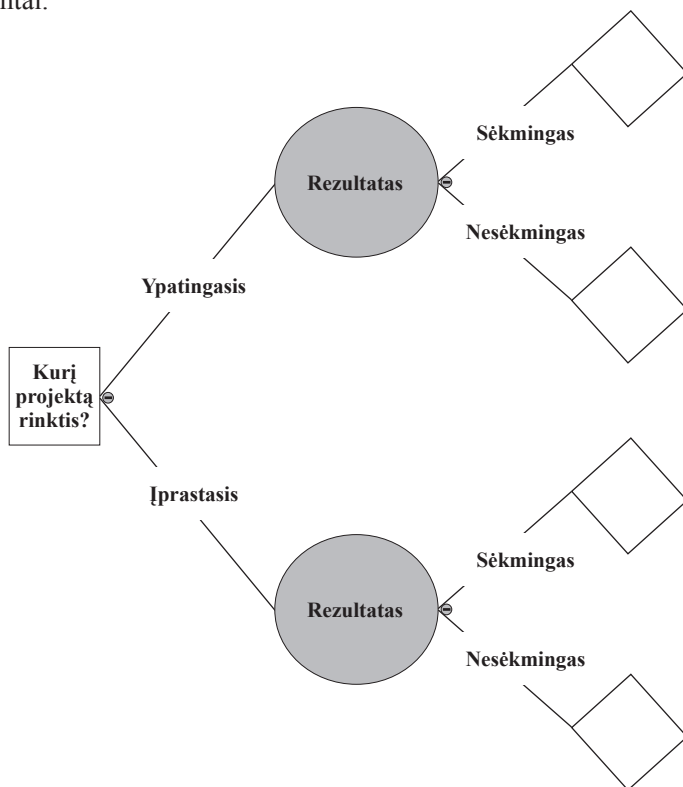
TURINYS. Investuotojas gali investuoti į du projektus. Pirmuoju atveju gali investuoti į nekilnojamąjį turtą, nes tai daro nuolatos, todėl šis projektas vadinamas įprastuoju. Tai yra nekilnojamojo turto įsigijimas, nuosavybės valdymas, nuoma arba pardavimas siekiant pelno. Investuoti į nekilnojamąjį turtą tik iš pirmo žvilgsnio atrodo paprasta. Perkant nekilnojamojo turto, reikia išmanyti tokius niuansus kaip turto vertinimas, įsigijimo finansavimas, finansinis svertas, likvidumas ir turto kainai įtakos turintys veiksniai. Deja, tiesa ta, kad nekilnojamojo turto kainos didėja ne nuolatos. Ekonomika patiria ne tik kilimo, bet ir nuosmukio laikotarpius. Kylant ekonomikai, nekilnojamojo turto įsigijęs investuotojas ekonomikai smunkant gali patirti didelių nuostolių. Be to, investuotojas gali investuoti į mobiliųjų telefonų hologramas: erdvinės informacijos apie objektą užrašymo ir atkūrimo metodą, pagrįstą koherentinių šviesos bangų sklaida ir šios šviesos interferencija su tam tikru pagrindiniu optiniu signalu. Šis projektas yra unikalus ir neįprastas, todėl vadinamas ypatinguoju.

TIKSLAS. Investuotojui reikia nuspręsti, kokį projektą vykdyti: ypatingąjį ar įprastąjį.

PRADINIAI DUOMENYS. Projektų sėkmės tikimybės: tik 15 proc., kad ypatingasis projektas bus sėkmingas, ir 85 proc. tikimybė, kad įprastasis projektas bus sėkmingas. Ypatingasis projektas kainuos

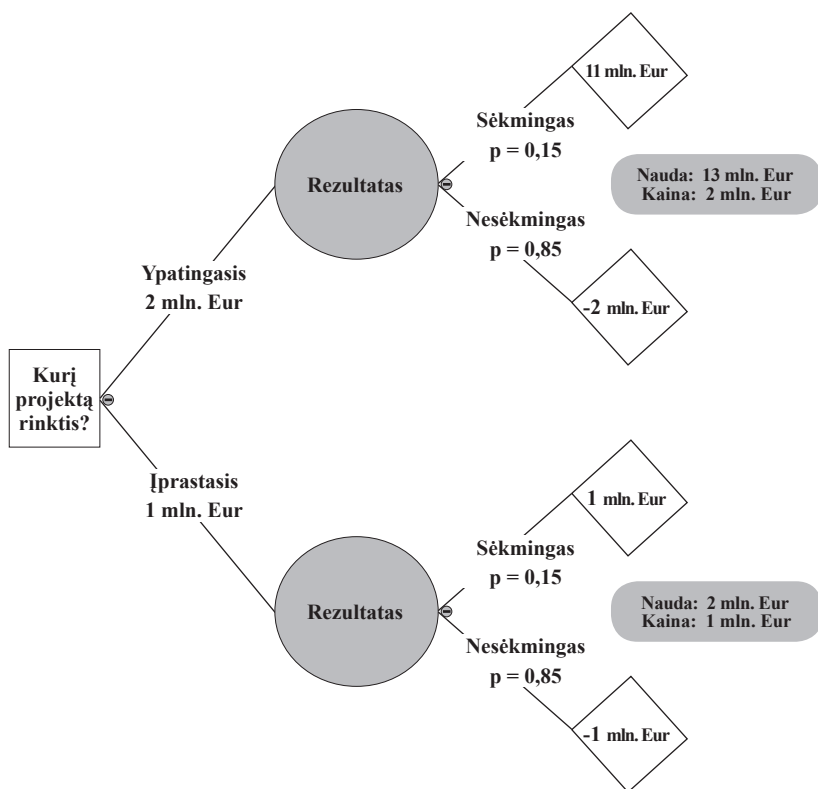
2 mln. dolerių ir, jeigu bus sėkmingas, uždirbs 13 mln. dolerių, tačiau jei bus nesėkmingas, nieko neuždirbs. Įprastasis projektas kainuos 1 mln. dolerių ir, jeigu bus sėkmingas, uždirbs 2 mln. dolerių, tačiau jeigu bus nesėkmingas, nieko neuždirbs. Kokį projektą rinktis investuotojui?

SPRENDIMAS. Pirmiausia braižomas sprendimų medis ir galimi variantai.



6 pav. Pasirinktų projektų sprendimų medis

Sprendimų medyje sužymimos šakų kainos ir tikimybės. Yra žinoma, kad jeigu investuotojas įgyvendins ypatingąjį projektą, sėkmės atveju pelns 13 mln. eurų, tačiau projektas kainuos 2 mln. eurų. Jeigu įgyvendins įprastąjį projektą, nesėkmės atveju nieko nepelnys ir tai jam kainuos 1 mln. eurų (žr. 6, 7 ir 8 paveikslus).



7 pav. Sprendimų medis su kainomis ir tikimybėmis

Skaičiuojama tikėtina kiekvieno projekto galimybių mazgo vertė sėkmės ir nesėkmės atvejais.

$$EU = 0,15 \cdot 11 = 1,65$$

– ypatingasis projektas sėkmės atveju.

$$EU = 0,85 \cdot (-2) = -1,7$$

– ypatingasis projektas nesėkmės atveju.

$$EU = 0,85 \cdot 1 = 0,85$$

– įprastasis projektas sėkmės atveju.

$$EU = 0,15 \cdot (-1) = -0,15$$

– įprastasis projektas nesėkmės atveju.

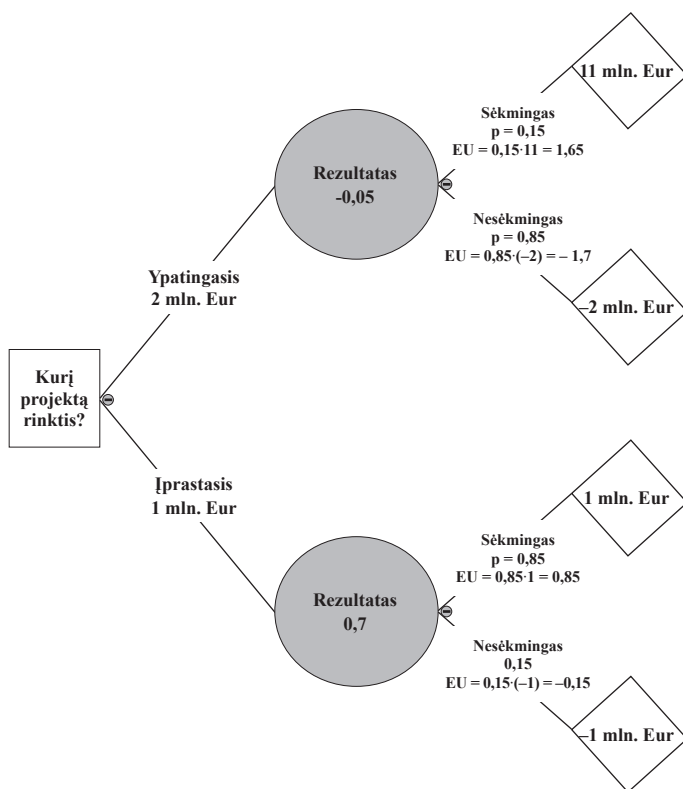
Atskirai skaičiuojama tikėtina kiekvieno projekto galimybių mazgo vertė.

$$EU = 1,65 - 1,7 = -0,05$$

– ypatingasis projektas.

$$EU = 0,85 - 0,15 = 0,7$$

– įprastasis projektas.



8 pav. Sprendimų medis su galimybių mazgų vertėmis

ATSAKYMAS. Ypatingasis projektas = $-0,05$, įprastasis projektas = $0,7$.

IŠVADA. Investuotojas turėtų investuoti į įprastąjį projektą, nes projekto mazgo vertė yra didesnė.

18 pavyzdys. Žmoniškųjų išteklių perskirstymo strategijos

Pagrindinė įmonės veikla yra eksploatuoti netinkamų transporto priemonių (toliau – ENTP) supirkimas ir utilizavimas išskiriant pavojingas medžiagas, antriam naudojimui netinkamas ir pardavimui tinkamas dalis. Pavojingos medžiagos pridodamos įmonėms, turinčioms teisę surinkti tokias medžiagas. Antriam naudojimui netinkamos

automobilių dalys perduodamos metalo supirkimo ir apdirbimo įmonėms, o tinkamos sandėliuojamos ir parduodamos. Įmonė ne tik vykdo savo veiklą Lietuvoje, bet ir bendradarbiauja su Nepriklausomų valstybių sandraugos šalimis. ENTP produkcija išsigyjama Lietuvoje iš fizinių ir juridinių asmenų. Įmonė ENTP pasiima savo tam pritaikytu transportu arba valdytojai patys jas pristato į įmonės demontavimo aikštelę.

TURINYS. Pagrindines pajamas įmonė gauna iš perdirbėjams perduodamo juodojo metalo ir spalvotojo metalo laužo, gaunamo išardžius išgytą produkciją, ir sandėlyje esančių antriniam naudojimui tinkamų utilizuotų produkcijos dalių, kurios parduodamos fiziniams ir juridiniams asmenims, eksportuojamos į Latviją, Estiją arba Nepriklausomų valstybių sandraugos šalis.

Žiemą įmonės veikla itin nepastovi, techninio personalo užimtumas ne visada efektyviai išnaudojamas, todėl įmonė planuoja įgyvendinti naują strategiją. Įmonės vadovybė į parko papildymą nusprendžia investuoti 7 000 eurų ir nori kuo efektyviau panaudoti turimus žmogiškuosius išteklius, todėl svarstomos šios galimybės: palikti iki šiol buvusį penkių techninių darbuotojų skyrių arba išskaidyti personalą: du iš penkių darbuotojų perkelti į pardavimo skyrių. Tokio pobūdžio uždavinys įmonėje sprendžiamas pirmą kartą, tačiau neatmetama tikimybė, kad panašūs uždaviniai bus sprendžiami ir ateityje, investuojamos didesnės sumos, apimamas didesnis laikotarpis, priimama naujų darbuotojų.

SPRENDIMO DALYVIAI. Darbuotojų skaičius nuo įmonės įsteigimo svyravo nuo šešių iki aštuonių pagal darbo sutartį įdarbintų darbuotojų. Šiuo metu įmonės administracijos personalą sudaro trys, o techninio personalo skyrių – penki darbuotojai. Sprendimo dalyviai – pagrindiniai sprendimų rengimo, priėmimo ir įgyvendinimo subjektai, kurie suinteresuoti sprendimu ir vienaip ar kitaip bus paveikti įgyvendinant naująjį sprendinį³⁵. Nagrinėjamos problemos dalyviai visada išlieka tie patys: įmonės direktorius ir administracijos vadovas yra sprendimo rengimo ir priėmimo dalyviai, o techninio personalo ir pardavimo skyrių darbuotojai yra sprendimo priėmimo ir įgyvendinimo dalyviai.

³⁵ MIKULSKIENĖ, B. Sprendimų priėmimo metodai viešajam valdymui. Vilnius: Mes, 2011.

TIKSLAS. Veiksmingai išnaudoti žmogiškuosius išteklius ir maksimizuoti pajamas per nurodytą trijų mėnesių laikotarpį.

PRADINIAI DUOMENYS. Tikimybė, kad apyvarta nepakis ir išliks vidutinė, yra 40 proc., kai vidutinė atsargų iš prekybos sandėlio apyvarta per tris mėnesius sudarys 17 000 eurų. Tikimybė, kad apyvarta padidės, lygi 10 proc., tada ji siektų 20 000 eurų. Tikimybė, kad apyvarta sumažės, – 50 proc., tada ji būtų 13 000 eurų.

Penkių techninio personalo skyriaus darbuotojų komanda išardytų papildytą ENTP parką, išskirtų juodąjį ir spalvotąjį metalus, kuriuos pridavus perdirbėjams pajamos padidėtų 7 500 eurų.

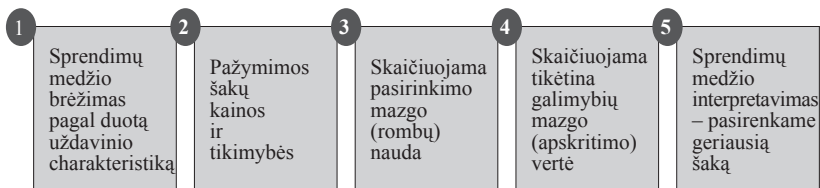
Trijų techninio personalo skyriaus darbuotojų komanda per nurodytą laiką galėtų išardyti ir išskirti juodąjį ir spalvotąjį metalus, kuriuos pridavus perdirbėjams pajamos padidėtų 4 000 eurų.

Tikėtina, kad dviejų į pardavimo skyrių perkeltų darbuotojų pajamos per nurodytą laikotarpį padidėtų po 2 000 eurų.

Išlaidos:

- penkių darbuotojų trijų mėnesių darbo techninio personalo skyriuje sąnaudos sudaro 8 535 eurus;
- trijų darbuotojų trijų mėnesių darbo techninio personalo skyriuje sąnaudos sudaro 5 121 eurą;
- kitų dviejų darbuotojų trijų mėnesių darbo sąnaudos pardavimo skyriuje – 2 502 eurai;
- investicijos į ENTP parko papildymą – 7 000 eurų.

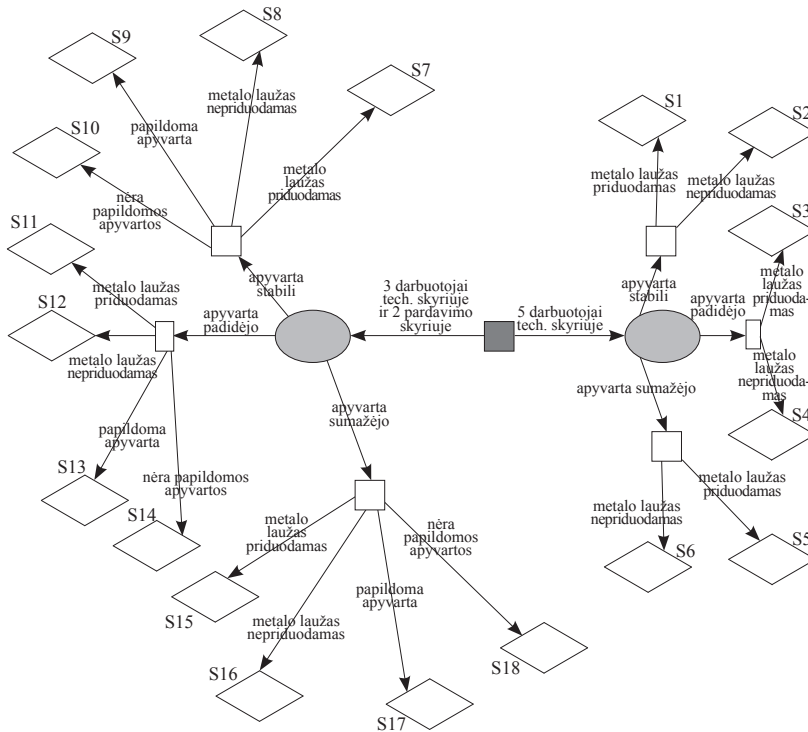
SPRENDIMAS. Taikant sprendimų medžio metodą, uždavinys sprendžiamas keliais etapais (žr. 9 paveikslą).



9 pav. Loginė uždavinio sprendimo schema

1 etapas. Brėžiamas sprendimų medis, kurį sudaro dvi strategijos: visus penkis darbuotojus palikti techninio personalo skyriuje arba šį skyrių išskaidyti ir du darbuotojus perkelti į pardavimo skyrių (žr. 10 paveikslą). Abi šios šakos sudaro įvykių mazgus ir rezultatas gali būti trejopas: apyvarta gali išlikti stabili, padidėti arba sumažėti.

Jeigu techninio personalo skyriuje yra penki darbuotojai, kiekvienam iš šių atvejų braižoma po dvi šakas: penkių darbuotojų komanda gali išardyti ENTP ir priduoti juodojo ir spalvotojo metalo laužą arba gali to nepadaryti (pavyzdžiui, dėl supirkėjų kaltės). Trys darbuotojai per tą patį laikotarpį taip pat gali išardyti ENTP ir priduoti juodąjį ir spalvotąjį metalo laužą arba gali to nepadaryti. Du pardavimo skyriaus darbuotojai per nurodytą laikotarpį gali padidinti apyvartą, bet gali ir nepadidinti. Kiekviena šaka užbaigiama rombu – sprendimo rezultatu, kuris nurodomas kitame etape.



10 pav. Sprendimų medis su galimomis strategijomis

2 etapas. Pažymimos duotos uždavinio šakų tikimybės ir kainos.

- penkių techninio personalo skyriaus darbuotojų darbo sąnaudos sudaro 8 535 eurus.
- trijų techninio personalo skyriaus darbuotojų darbo sąnaudos sudaro 5 121 eurą, dviejų pardavimo skyriaus darbuotojų darbo sąnaudos sudaro 2 502 eurus, taigi bendrosios šios strategijos sąnaudos – 7 623 eurai.
- tikimybė, kad apyvarta išliks stabili, lygi 40 proc. (atitinkamai 0,4).
- tikimybė, kad apyvarta padidės, lygi 10 proc. (atitinkamai 0,1).
- tikimybė, kad apyvarta sumažės, lygi 50 proc. (atitinkamai 0,5).
- penki techninio personalo skyriaus darbuotojai gali priduoti 7 500 eurų vertės metalo laužo; jei to nepadarys, šakos vertė bus 0 eurų.
- trys techninio personalo skyriaus darbuotojai gali priduoti 4 000 eurų vertės metalo laužo; jei to nepadarys, šakos vertė bus 0 eurų.
- du darbuotojai gali papildomai prisidėti prie apyvartos 2 000 eurų; jei to nepadarys, šakos vertė bus 0 eurų.

3 etapas. Skaičiuojant pasirinkimo mazgo (rombo) naudą, įvertinamos patirtos išlaidos ir galimos pajamos. Kiekvienu atveju patiriamos išlaidos yra 7 000 eurų investicija į ENTP plėtrą.

S_i mazgo nauda (išlaidos – pajamos) = investavimo suma + skyriaus darbuotojų darbo sąnaudos + stabilios apyvartos pajamos + priduto metalo laužo pajamos.

Taip apskaičiuojama kiekvieno strategijos mazgo nauda.

$S1 = -7\,000 - 8\,535 + 17\,000 + 7\,500 = 8\,965$	$S10 = -7\,000 + 7\,623 + 17\,000 + 0 = 2\,377$
$S2 = -7\,000 - 8\,535 + 17\,000 + 0 = 1\,465$	$S11 = -7\,000 + 7\,623 + 20\,000 + 4\,000 = 9\,377$
$S3 = -7\,000 - 8\,535 + 20\,000 + 7\,500 = 11\,965$	$S12 = -7\,000 + 7\,623 + 20\,000 + 0 = 5\,377$
$S4 = -7\,000 - 8\,535 + 20\,000 + 0 = 4\,465$	$S13 = -7\,000 + 7\,623 + 20\,000 + 2\,000 = 7\,377$
$S5 = -7\,000 - 8\,535 + 13\,000 + 7\,500 = 4\,965$	$S14 = -7\,000 + 7\,623 + 20\,000 + 0 = 5\,377$
$S6 = -7\,000 - 8\,535 + 13\,000 + 0 = -2\,535$	$S15 = -7\,000 + 7\,623 + 13\,000 + 4\,000 = 2\,377$
$S7 = -7\,000 + 7\,623 + 17\,000 + 4\,000 = 6\,377$	$S16 = -7\,000 + 7\,623 + 13\,000 + 0 = -1\,623$
$S8 = -7\,000 + 7\,623 + 17\,000 + 0 = 2\,377$	$S17 = -7\,000 + 7\,623 + 13\,000 + 2\,000 = 377$
$S9 = -7\,000 + 7\,623 + 17\,000 + 2\,000 = 4\,377$	$S18 = -7\,000 + 7\,623 + 13\,000 + 0 = -1\,623$

4 etapas. Skaičiuojant tikėtiną galimybių mazgo (apskritimo) vertę, pasirinkimo mazgų rezultatai sudauginami su šakų tikimybėmis. Sudėjus gautas vertes, gaunama visa galimybių mazgo vertė.

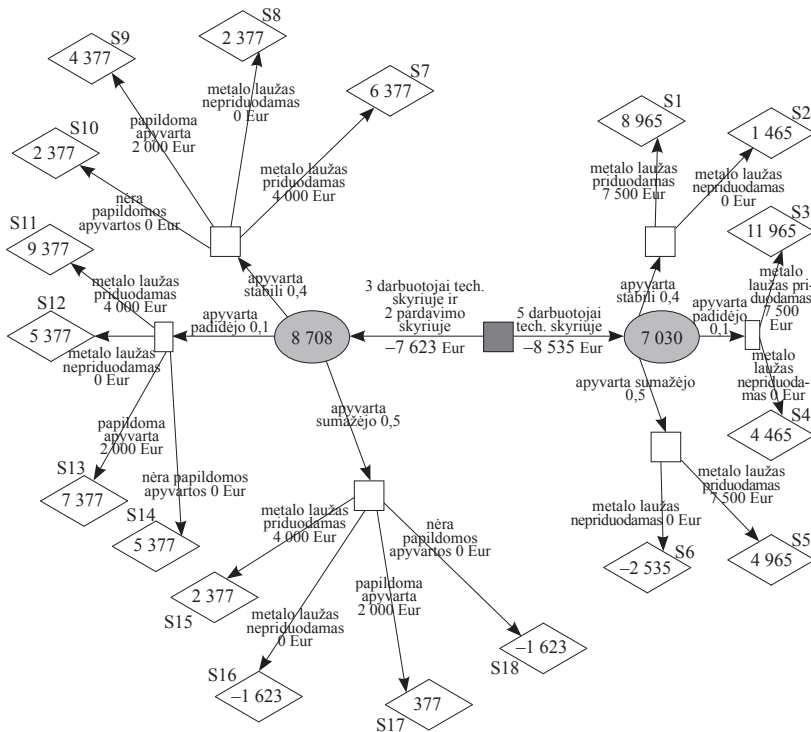
1 strategijos (techninio personalo skyriuje – penki darbuotojai) galimybių mazgo vertė:

$$8\,965 \cdot 0,4 + 1\,465 \cdot 0,4 + 11\,965 \cdot 0,1 + 4\,465 \cdot 0,1 + 4\,965 \cdot 0,5 + (-2\,535) \cdot 0,5 = 7\,030 \quad 1 \text{ strategija}$$

2 strategijos (techninio personalo skyriuje – trys darbuotojai, pardavimo skyriuje – du darbuotojai) galimybių mazgo vertė:

$$6\,377 \cdot 0,4 + 2\,377 \cdot 0,4 + 4\,377 \cdot 0,4 + 2\,377 \cdot 0,4 + 9\,377 \cdot 0,1 + 5\,377 \cdot 0,1 + 7\,377 \cdot 0,1 + 5\,377 \cdot 0,1 + 2\,377 \cdot 0,5 + (-1\,623) \cdot 0,5 + 377 \cdot 0,5 + (-1\,623) \cdot 0,5 = 8\,708$$

Šiame etape sprendimų medis yra visiškai užpildytas (žr. 11 paveikslą), todėl rodo bendrąją situaciją ir platų visų galimų veiksmų pasirinkimą.



11 pav. Sprendimų medis

IŠVADA. Atlikus skaičiavimus paaiškėjo, kad įmonė turėtų rinktis antrąją strategiją (galimybių mazgo vertė – 8 708), t. y. turimus žmogiškuosius išteklius reikėtų išskaidyti: tris darbuotojus palikti techninio personalo skyriuje, o du darbuotojus perkelti į pardavimo skyrių. Nors dviejų strategijų skirtumas 1 678 nėra didelis, tačiau vadovybės tikslas buvo veiksmingai panaudoti žmogiškuosius išteklius ir maksimizuoti pajamas, todėl dėl geresnės vertės pasirenkama antroji strategija.

APIBENDRINIMAS. Sprendimų medžiai – naudinga priemonė, nes padeda apsvarstyti visus galimus variantus ir vienoje vietoje pateikti visą informaciją apie padarinių vertes ir jų pasiekimo tikimybę. Čia susiejami problema, variantai, padariniai, būsenos ir įvertinimai. Jis labai rezultatyvus tada, kai variantų skaičius ribotas, o sprendimo variantai priklauso nuo strategijos ir įvykių. Tačiau norint juo pasinaudoti, reikia įvertinti įvykių tikimybę. Sprendimų medis apibūdina duomenis, o ne sprendimus. Klasifikavimo medis gali būti parama, padedanti įvertinti pasirinkimų vertes priimant sprendimus³⁶.

³⁶ PUŠKORIUS, S., *op. cit.*

PROGRAMINĖS SPRENDIMŲ PRIĖMIMO PARAMOS SISTEMOS

Kiekvienam iš atrinktų metodų yra sukurta nemažai programinių paketų, palengvinančių vadybininko darbą ir suteikiančių sprendimui vaizdumo. Jie dar vadinami sprendimų paramos sistemomis (žr. 72 lentelę).

Tiesinio programavimo uždaviniams ir kai kurioms kitoms sprendimų priėmimo problemoms spręsti sukurta daug tiek komercinių, tiek laisvai prieinamų programinių paketų. Nors visi šie produktai iš esmės yra panašūs, rinkoje paplitę du programinių paketų tipai: sprendimo (angl. *solver*) ir modeliavimo (angl. *modelling*)³⁷. *Solver* tipo programinė įranga suprogramuota taip, kad pirmiausia kaip įvesties duomenis taiko tiesinio programavimo uždavinio modelį, tada taiko kelis sprendimo metodus ir suskaičiuoja rezultatą. Programinė modeliavimo įranga skirta modeliams kurti. Ji yra tarsi tarpininkas tarp modeliuotojo ir sprendimo metodo. Programinė modeliavimo įranga suteikia galimybes analizuoti, intuityviau arba standartizuotu būdu simboliais išreikšti modelį, įvesti duomenis, generuoti ribines problemos sąlygas, skaičiuoti modelį. Taip sukuriamas gerokai platesnis taikymo laukas. Šie programiniai paketai dažniausiai būna integruoti į konkrečią programavimo kalbą.

72 lentelė. Programinės sprendimų priėmimo paramos sistemos

Tiesinis programavimas	Daugiakriterė analizė	Lošimų teorija	Sprendimų medžiai
AMPL – tai populiarus modeliavimo kalba, skirta didelės apimties tiesinio, sveikaskaitinio ir netiesinio optimizavimo uždaviniams spręsti (500 kintamųjų ir 500 apribojimų).	<i>1 000 Minds</i> – daugiakriterės sprendimų analizės priemonė, skirta prioritetų eilei nustatyti.	<i>Gambit</i> – tai strateginiams lošimams skirta priemonė, kuri dera su daugeliu operacinių sistemų: <i>Linux, Mac Windows</i> . Atviro kodo įmantri programa, skirta žaidimų teorijos ir sprendimų medžių uždaviniams spręsti.	

³⁷ FOURER, R., *op. cit.*

Tiesinis programavimas	Daugiakriterė analizė	Lošimų teorija	Sprendimų medžiai
<i>APMonitor</i> Sprendžia tiesinio programavimo uždavinius naudojantis MATLAB ar <i>web</i> sąsajomis.	<i>ChemDecide</i> Programinis paketas, skirtas sprendimams struktūrinti, taip pat taikomas ir sprendimų medžiams analizuoti naudojantis AHP, ELECTRE III ir <i>Mare</i> .	<i>Banach.lse.ac.uk/</i> Labai paprasta interneto priemonė lošimų teorijos uždaviniams spręsti.	<i>SilverDecisions</i> Tai interneto priemonė, skirta medžiams kurti „rankiniu“ būdu. Sukurta Lenkijoje.
<i>Excel Solver</i> Lentelėmis grįstas modeliavimas, kurio matematinio programavimo funkcijos yra pritaikytos <i>Excel</i> langeliams pildyti.	<i>D-Sight</i> , Vizuali ir interaktyvi priemonė atlikti skaičiavimą pagal daug kriterijų, pagrįsta PROMETHEE metodu ir daug kriterijų apimančia naudos teorija.	<i>William Spaniel's Calculator</i> Tai <i>Excel</i> lentelėse sprendžiamų 2-2 lošimų uždavinių programėlė, skaičiuojanti grynąsias išlošių strategijas.	<i>Simple Decision Tree</i> Tai Thomaso Seyllerio sukurta <i>Excel</i> išplėtimo priemonė, suteikianti daug laisvės greitai skaičiuojant medžius.
<i>Maple</i> <i>MATLAB</i> <i>Mathcad</i> <i>Mathematica</i> Bendrojo pobūdžio interaktyvios matematinio programavimo kalbos, kuriose skaičiuojant naudojami simboliai ir skaičiai.	IRIS Rūšiuoti leidžianti interaktyvią analizę siūlanti programa (VIP – parametrų tarpusavio priklausomybės analizės programinė įranga).		<i>GATree</i> Leidžia kurti dvejetainius sprendimo medžius, padeda vartotojui nusistatyti parametrus, atkurti skirtingus sprendimo erdvę atitinkančius sprendimo medžio šakų rinkinius.
<i>VisSimA</i> Kvadratinų dėžučių diagramomis grįsta modeliavimo kalba dinaminėms sistemoms modeliuoti.	<i>modeFRONTIER</i> , Komerčinė programa (ESTECO <i>Spa</i>), skirta daug kriterijų apimančiai optimizacijai ir įvairiapusiui dizainui.		<i>RapidMiner</i> Nemokama sprendimo medžiams pritaikyta aplinka; nors nėra labai galinga, tačiau tinka daugeliui verslo sprendimų.

Programinių paketų yra daug, todėl šioje knygoje neišskiriamas nė vienas iš jų ir nedemonstruojamas jų veikimas, tik paminima, kad kiekvieną iš šių problemų galima spręsti taikant kompiuterizuotas paramos sistemas.

LITERATŪRA

1. ADOMĖNAS, A. Statistiniai kokybės valdymo metodai. Kaunas: Technologija, 2000.
2. ALVARENGA, G. B.; de A. SILVA, R. M.; SAMPAIO, R. M. A Hybrid Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Time Window. INFOCOMP Journal of Computer Science, 2004, vol. 4 (2).
3. BAGDONAS, V. Verslo rizika. Vilnius: Vilniaus technikos universitetas, 1996.
4. BATTÀ, E. French Presidential Elections 2012: An approximate Model since Game Theory Prospective [interaktyvus], <http://www.academia.edu/8336805/French_presidential_elections_2012_An_approximate_model_since_game_theory_prospective>.
5. BATARLIENĖ, N. Transporto uždavinių matematinis modeliavimas. Vilnius: Technika, 2000.
6. BAUJARD, A.; GAVREL, F.; ITERSHEIM, H.; LASLIER, J. F.; LEBON, I. Who's Favored by Evaluative Voting? An Experiment Conducted During the 2012 French Presidential Election [interaktyvus], <<ftp://ftp.gate.cnrs.fr/RePEc/2014/1430.pdf>>.
7. Cornell University. Biggest Mobile Device Makers Game Theory – Samsung vs Apple [interaktyvus], <<http://blogs.cornell.edu/info2040/2011/10/05/biggest-mobile-device-makers%e2%80%99-game-theory-%e2%80%93-samsung-vs-apple>>.
8. FOURER, R. Linear Programming: Software Survey. ORMS-Today, 2015, 42 (3).
9. ČIOČYS, V.; JASILIONIS, R. Matematinis programavimas. Vilnius: Mokslas, 1990.
10. FILATOVAS, E. Daugiakriterinių optimizavimo uždavinių sprendimas interaktyviuoju būdu. Daktaro disertacija. Vilnius: Vilniaus universitetas, 2012.
11. FOURER, R. Linear Programming: Software Survey. ORMS-Today, 2015, vol. 42 (3).
12. GARCIA-NAJERA, A.; BULLINARIA, J. A. An Improved Multi-Objective Evolutionary Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Time windows. Computers & OR, 2011, vol. 38, p. 287–300.
13. GULBINAS, A. Visuomeninių pastatų renovacijos daugiakriterinė internetinės sprendimų paramos sistema. Daktaro disertacija. Vilnius: Vilniaus Gedimino technikos universitetas, 2005.
14. KAKLAUSKAS, A.; LEPKOVA, N. Pastatų ūkio valdymo objektas ir daugiakriterinė analizė. Modern Building Materials, Structures and Techniques: the 7th International Conference, May 16–18, Vilnius: Technika, 2001.
15. KAKLAUSKAS, A.; ZAVADSKAS, E. K.; RASLANAS, S. Multivariant Design and Multiple Criteria Analysis of Building Refurbishments. Energy and Buildings. 2005, vol. 37, no. 4, p. 361–372.
16. KALANTA, S. Taikomosios optimizacijos pagrindai. Vilnius: Technika, 2007.
17. KANDAVALLI, J. S. Applying Game Theory to the Patent War between Apple and Samsung [interaktyvus], <<https://johnsmithk.wordpress.com/2013/04/13/an-understanding-of-nash-equilibrium-and-nash-solution/>>.

18. KERŠULIENĖ, V.; ZAVADSKAS, E. K.; TURSKIS, Z. Selection of Rational Dispute Resolution Method by Applying New Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA). *Journal of Business Economics and Management*, 2010, vol. 11, no. 2, p. 243–258.
19. KIRLAITĖ, R.; MARČINSKAS, A. Vadybos metodai. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla, 2001.
20. LARIČEV, O. I. Теория и методы принятия решений. Москва: Логос, 2000.
21. LEE, S. [interaktyvus], <http://www.academia.edu/7908909/Samsung_and_Apple_law>.
22. LISTOPADSKIS, N. Taikomoji matematika. Kaunas: Technologija, 2004.
23. MIKULSKIENĖ, B. Sprendimų priėmimo metodai viešajam valdymui. Vilnius: Mes, 2011.
24. OMBUKI, B. M.; ROSS, B.; HANSHAR, F. Multi-Objective Genetic Algorithms for Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Applied Intelligence*. 2006, vol. 24 (1), p. 17–30.
25. OZERNOY, V. M. A Framework for Choosing the Most Appropriate Discrete Alternative Multiple Criteria Decision Making Method in Decision Support Systems and Expert Systems. *In Towards Interactive and Intelligent Decision Support Systems*. 1987, vol. 2, p. 56–64.
26. PODVEZKO, V. Application of AHP Technique. *In Journal of Business Economics and Management*, 2009, vol. 10, no. 2, p. 181–189.
27. PODVEZKO, V.; PODVIEZKO, A. Naujos absoliutaus daugiakriterio vertinimo galimybės. *Lietuvos matematikos rinkinys*. Vilnius: Lietuvos matematikų draugijos darbai, ser. B, t. 54, 2013, p. 54–59.
28. PODVEZKO, V.; PODVEZKO, A. Kriterijų reikšmingumo nustatymo metodai. *Lietuvos matematikų draugijos darbai, ser. B, t. 55*, 2014, p. 111–116.
29. PUŠKORIUS, S. Matematiniai metodai vadyboje. Vilnius: TEV, 2001.
30. PUŠKORIUS, S. Sprendimų priėmimo teorija. Operacijų tyrimų metodai. Vilnius: Mykolo Romerio universitetas, 2009.
31. RUŽEVIČIUS, J. Kokybės vadybos metodai ir modeliai. Vilnius: Vilniaus universitetas, 2006.
32. SAATY, T. L. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw Hill, 1980.
33. SAUTER, V. L. Decision Support Systems: An Applied Managerial Approach. New York: John Wiley&Sons, 1997.
34. TAN, K. C.; LEE, L. H.; ZHU, K. Q.; OU, K. Heuristic Methods for Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Artificial Intelligence in Engineering*. 2001, vol. 15 (3), p. 281–295.
35. VAIRA, G. Genetinis algoritmas transporto maršrutų sudarymo uždaviniams spręsti. Daktaro disertacija. Vilnius: Vilniaus universitetas, 2014.
36. Van der STRAETEN, K.; LASLIER, J-F.; SAUGER, N.; BLAIS, A. Strategic, Sincere, and Heuristic Voting under Four Election Rules: an Experimental Study. *Social Choice Welfare*. 2010, vol. 35, p. 435–472.

37. VENTCEL, E. S. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. Москва: Наука, 1980.
38. ZAVADSKAS, E. K.; KAKLAUSKAS, A.; GULBINAS, A. Multiple Criteria Decision Support Web – Based System for Building Refurbishment. *Journal of Civil Engineering and Management*, 2004, vol. X, no. 1, p. 85.
39. ZAVADSKAS, E. K.; KAKLAUSKAS, A. Pastatų sistemos techninis įvertinimas. Vilnius: Technika, 1996.
40. ZAVADSKAS, E. K.; KAKLAUSKAS, A.; GULBINAS, A.; LEPKOVA, N.; KAKLAUSKIENĖ, J. A Multiple Criteria Decision Support Web–Based System for Facilities Management. *In: Global E–Business in Knowledge–Based Economy: Management Practice and Opportunities*. ICEB. Taipei, 2002, December 10–13, p. 109–111.
41. ŽILINSKAS, A. Matematinis programavimas. Kaunas: VDU leidykla, 2000.
42. Орлова, И. В.; Орлов, П. В. Экономико-математические методы и прикладные модели. Краткий конспект лекций. Кафедра экономико-математических методов и моделей. Москва, 2001.

PRIEDAI

LENTELIŲ RODYKLĖ

1 lentelė. Kontrolinis nusiskundimų dėl atliekamų darbų registravimo lapelis.....	16
2 lentelė. Pareto diagramos sudarymo lentelė.....	17
3 lentelė. Produkcijai pagaminti reikalingos sąnaudos	24
4 lentelė. Darbo atlikimo forma, būdas ir jų rodikliai.....	28
5 lentelė. Išteklių kiekiai produktams pagaminti	31
6 lentelė. Kirpimų kainos.....	37
7 lentelė. Kintamųjų duomenys	43
8 lentelė. Gabenimo duomenų lentelė.....	46
9 lentelė. Atraminis sprendinys.....	47
10 lentelė. Naujas gabenimo ciklas.....	48
11 lentelė. Gabenimas baigus vieną ciklą	48
12 lentelė. Antrasis gabenimo ciklas.....	49
13 lentelė. Naujas gabenimo planas.....	49
14 lentelė. Trečiasis prekių keitimo ciklas.....	50
15 lentelė. Gabenimo planas po trečiojo ciklo.....	50
16 lentelė. Ketvirtasis gabenimo ciklas	51
17 lentelė. Ketvirtasis gabenimo planas.....	51
18 lentelė. Penktasis gabenimo ciklas.....	52
19 lentelė. Penktasis gabenimo planas.....	52

20 lentelė. Atstumai tarp skirtingų Lietuvos miestų (km) ir išlaidos* (eurais).....	55
21 lentelė. Atstumai tarp skirtingų Lietuvos miestų (km) ir išlaidos* (eurais).....	55
22 lentelė. Trys prekių keitimo ciklai	56
23 lentelė. Gabenimo planas po trijų ciklų	57
24 lentelė. Ketvirtasis ir penktasis prekių keitimo ciklai	57
25 lentelė. Gabenimo planas po ketvirtojo ir penktojo ciklų	58
26 lentelė. Šeštasis ir septintasis prekių keitimo ciklai	58
27 lentelė. Prekių gabenimo planas po šeštojo ir septintojo ciklų	59
28 lentelė. Aštuntasis prekių keitimo ciklas.....	59
29 lentelė. Gabenimo planas po aštuntojo prekių keitimo ciklo	59
30 lentelė. Devintasis ir dešimtas prekių keitimo ciklai.....	60
31 lentelė. Gabenimo planas po devintojo ir dešimtojo ciklų	60
32 lentelė. Vienuoliktasis prekių keitimo ciklas	61
33 lentelė. Gabenimo planas po vienuoliktojo prekių keitimo ciklo	61
34 lentelė. Dvyliktasis prekių keitimo ciklas	62
35 lentelė. Gabenimo planas po dvyliktojo prekių keitimo ciklo	62
36 lentelė. Tryliktasis prekių keitimo ciklas	63
37 lentelė. Gabenimo planas po tryliktojo prekių keitimo ciklo	63
38 lentelė. Keturioliktasis ir penkioliktasis prekių keitimo ciklai	64
39 lentelė. Gabenimo planas po keturioliktojo ir penkioliktojo prekių keitimo ciklų	64
40 lentelė. Šešioliktasis prekių keitimo ciklas	65
41 lentelė. Gabenimo planas po šešioliktojo prekių keitimo ciklo	65
42 lentelė. Daugiakriterė analizė.....	72
43 lentelė. Klientų aptarnavimo būdai ir jų žymėjimas	74
44 lentelė. Pasirinktų kriterijų aprašas	74
45 lentelė. Kiekybinis kriterijų (rodiklių) vertinimas	75
46 lentelė. Kokybinių kriterijų (rodiklių) vertinimas.....	76
47 lentelė. Ekspertinio vertinimo rezultatų lentelė	76
48 lentelė. Reikšmingumo skaičiavimas.....	78
49 lentelė. Kriterijų reikšmingumo ir alternatyvų balų vidurkis.....	78
50 lentelė. Normalizuotų įverčių skaičiavimas	79
51 lentelė. Maksimizuojančios ir minimizuojančios tikslo vertės	80
52 lentelė. Daugiakriterių duomenų lentelė	81
53 lentelė. Ekspertų vertinimo duomenys ir skaičiavimo rezultatai	84
54 lentelė. Žymėjimai	88
55 lentelė. Kriterijai projekto planams vertinti	89
56 lentelė. Vertinimo lentelė pagal devynių matmenų skalę.....	89
57 lentelė. Alternatyvų ir kainos matrica	91
58 lentelė. Alternatyvų ir patogumo matrica	91

59 lentelė. Alternatyvų ir susisiekimo matrica.....	91
60 lentelė. Alternatyvų ir aplinkos matrica	91
61 lentelė. Bendrasis alternatyvų įvertinimas	92
62 lentelė. Bendrieji galimų verslo scenarijų įverčiai.....	92
63 lentelė. Alternatyvų turinys.....	95
64 lentelė. Pageidaujamų kriterijų sąrašas	95
65 lentelė. Kepnerio ir Tregoe įverčių skaičiavimo lentelė	96
66 lentelė. Kepnerio ir Tregoe skaičiavimo lentelė su įverčiais	97
67 lentelė. Kepnerio ir Tregoe skaičiavimo lentelė	99
68 lentelė. Kepnerio ir Tregoe skaičiavimo lentelė su įvertinimais.....	100
69 lentelė. Kandidatų atstovaujamos politinės kryptys ir jų pirmajame ture surinkti balsai ..	110
70 lentelė. Lošimų matrica.....	113
71 lentelė. Užpildyta lošimų matrica	114
72 lentelė. Programinės sprendimų priėmimo paramos sistemos	127

PAVEIKSLŲ RODYKLĖ

1 pav. Pareto diagrama. Atliekamų darbų sukauptų trūkumų skaičius ir procentinė išraiška...	17
2 pav. Tinkamiausio sprendinio grafikas.....	35
3 pav. Galimi stalų pristatymo variantai	44
4 pav. Lošimų matrica.....	104
5 pav. Nasho pusiausvyra.....	108
6 pav. Pasirinktų projektų sprendimų medis.....	118
7 pav. Sprendimų medis su kainomis ir tikimybėmis	119
8 pav. Sprendimų medis su galimybių mazgų vertėmis.....	120
9 pav. Loginė uždavinio sprendimo schema	122
10 pav. Sprendimų medis su galimomis strategijomis.....	123
11 pav. Sprendimų medis.....	125



Vedlūga, Tomas

Ve-13 Sprendimų anatomija: praktinių įgūdžių lavinimas : metodinė mokymo priemonė / Tomas Vedlūga, Birutė Mikulskienė ; Mykolo Romerio universitetas. – Vilnius : Registrų centras, 2016. – 136 p.

Bibliogr.: – p. 130–132, r-klė: 132–134.

ISBN 978-9955-30-209-4 (internete)

ISBN 978-9955-30-210-0 (spausdintinis)

UDK 005.22(075)

Tomas Vedlūga, Birutė Mikulskienė

SPRENDIMŲ ANATOMIJA: PRAKTINIŲ ĮGŪDŽIŲ LAVINIMAS

Redagavo Jurgita Marija Abraitytė, maketavo Rima Semenčiukienė

Viršelio dailininkė Jūratė Juozėnienė

Parengė leidybai Algis Švedas

SL 1613. 2016-04-29. 8,5 sąlyginio sp. lanko

Tiražas 500 egz. Užsakymo Nr.

Išleido VĮ Registrų centro

Teisinės informacijos departamentas

Žirmūnų g. 68A, 09124 Vilnius

tel./faksas (8 5) 261 2806

www.teisineliteratura.lt, leidyba@teisineliteratura.lt

Spausdino STANDARTŲ SPAUSTUVĖ

S. Dariaus ir S. Girėno g. 39, 02189 Vilnius

Kaina sutartinė